
“METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL COSTO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO COMERCIAL EN LA EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTROSUR C.A. MEDIANTE ANÁLISIS MULTIVARIABLE”

RESUMEN:

Actualmente uno de los grandes desafíos de la industria eléctrica es mejorar la calidad de servicio eléctrico en todo sentido, además el desarrollo tecnológico permitirá en un futuro cercano la implementación de sistemas de Red Inteligente –*Smart Grid*– con lo cual se espera mejoras sustanciales y la proliferación de nuevos servicios, por lo cual no solamente se debe orientar las mejoras en la parte técnica, sino también es necesario enfocar los esfuerzos para mejorar la parte comercial del servicio eléctrico.

Existen grandes ventajas cuando el servicio comercial se optimiza constantemente tanto para las empresas eléctricas como para los clientes finales, de esta forma se exige un análisis moderno y con base matemática para determinar la maximización de la calidad de servicio comercial frente a las inversiones realizadas, consecuentemente se podrá disminuir las penalizaciones regidas por la regulación pertinente.

La investigación de operaciones permite realizar este análisis a través de la técnica multivariable de regresión múltiple, que en base a indicadores de calidad reales se obtiene un modelo matemático para simular diferentes escenarios de inversión que permitan maximizar la calidad del servicio comercial y seleccionar un plan óptimo de inversiones de la distribuidora enfocados al ámbito comercial.

PALABRAS CLAVE:

Investigación de operaciones, análisis multivariable, regresión múltiple, programación lineal, calidad de servicio comercial.

ÍNDICE DE CAPÍTULOS

CAPÍTULO I

1.1. COSTOS DEL SERVICIO ELECTRICO	23
1.2 INDICES Y LÍMITES DE LA CALIDAD COMERCIAL QUE ESTABLECE LA REGULACIÓN-004/01	26
1.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA DISTRIBUIDORA CENTROSUR	40
1.4 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS ÍNDICES POR PARTE DE CENTROSUR	55

CAPÍTULO II

2.1 VARIABLES QUE ESTÁN INVOLUCRADAS EN LA CALIDAD DEL SERVICIO COMERCIAL	67
2.2 METODOS DE ANALISIS MULTIVARIABLE MAS UTILIZADOS	75
2.3 SELECCIÓN DEL MÉTODO MÁS ADECUADO	79
2.4 APLICACIÓN Y DESARROLLO DEL MÉTODO	81

CAPÍTULO III

3.1 LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	102
3.2 DETERMINACIÓN DE LA FUNCION OBJETIVO	106
3.3 DETERMINACIÓN DE LAS RESTRICCIONES	106
3.4 SOLUCION DE LA FUNCION OBJETIVO OBTENCION DE LA MAXIMA CALIDAD DE SERVICIO COMERCIAL	133

CAPÍTULO IV

4.1 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	138
4.2 INVERSIONES PLANIFICADAS DE LA DISTRIBUIDORA REFERIDAS A LOS INDICADORES	144
4.3 ESCENARIOS DE APLICACIÓN DE INVERSIONES	147



4.4 ANALISIS DE RESULTADOS	161
4.5 DETERMINACIÓN DEL PLAN ÓPTIMO DE INVERSIONES 2013	162
CAPÍTULO V	
5.1 CONCLUSIONES	169
5.2 RECOMENDACIONES	172
5.3 LINEAS DE INVERSTIGACIÓN	174
BIBLIOGRAFÍA	175



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Arturo Xavier Gutiérrez Álvarez, autor de la tesis "Metodología para determinar el costo de la calidad del servicio comercial en la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. mediante análisis multivariable", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Master en Sistemas eléctricos de Potencia. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 22 de abril de 2013

Arturo Xavier Gutiérrez Álvarez
0103199287

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Arturo Xavier Gutiérrez Álvarez, autor de la tesis "Metodología para determinar el costo de la calidad del servicio comercial en la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. mediante análisis multivariable", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 22 de abril de 2013

Arturo Xavier Gutiérrez Álvarez
0103199287

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“Metodología para determinar el costo de la calidad del servicio
comercial en la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A.
mediante análisis multivariable”**

Tesis de Maestría
Sistemas Eléctricos de Potencia
Cuenca, Enero 2012

Xavier Gutiérrez Álvarez

**Director: Ing. Jairo Humberto López Garcia
MSc en Ingeniería**

Cuenca – Ecuador

2013



DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis familiares que siempre han sido un soporte fundamental, a mis maestros por su gran apoyo y motivación, a mis amigos que solidariamente nos brindamos en nuestro perfeccionamiento profesional y todas las personas que facilitaron el desarrollo de esta investigación.

¡Gracias a ustedes!

INTRODUCCIÓN

La concepción de la calidad de los servicios de energía eléctrica en las empresas distribuidoras empezó a tomar fuerza a partir de los años ochenta, llegando a considerarse como un objetivo estratégico para el crecimiento y mejora de los servicios a sus clientes. Con las regulaciones que las diferentes entidades del sector eléctrico establecieron debido a un mercado monopolio natural existente, en donde las distribuidoras buscaban satisfacer a la mayoría de los consumidores al menor costo posible para obtener el mayor beneficio económico, descuidando los aspectos de calidad en la prestación de sus servicios, se establecieron algunos indicadores para el control de la calidad.

Los conceptos relacionados en esta investigación se fundamentarán sobre la base de la metodología empleada por el ente regulador ecuatoriano para determinar los índices y límites para cada uno de los indicadores, que miden la calidad del servicio comercial de las distribuidoras hacia sus clientes, por lo que se definirán cada uno de estos indicadores. Se analizará la información estadística que mantiene la CENTROSUR con respecto a los índices dentro de este ámbito de la calidad, información que se obtendrá del sistema informático de comercialización y la evaluación estadística descriptiva de los mismos para analizar el estado actual en el cumplimiento de la regulación y la satisfacción de sus clientes.

El ente regulador Ecuatoriano CONELEC mediante la Regulación No. CONELEC – 004/01 “Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución”, expidió esta regulación con el objetivo de establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras, para garantizar a los consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, con los estándares mínimos de calidad a los que deben someterse las Empresas Distribuidoras del Servicio Eléctrico, además es de considerar que los Contratos de Concesión del Servicio Público de Distribución de Energía Eléctrica prevén la existencia de un régimen de penalizaciones en los casos en que las concesionarias superen los límites establecidos de Calidad del Servicio. Es muy importante tener presente que la calidad se alcanza en forma gradual y

por medio de inversiones constantes que necesariamente implican costos para las empresas distribuidoras, es por esto que se presenta en este proyecto investigativo una metodología para determinar el costo mínimo de inversiones para maximizar la calidad en el servicio comercial de la CENTROSUR, basado en los proyectos actuales y futuros que la Dirección de Comercialización de la CENTROSUR tienen en sus diferentes áreas operativas para la mejora de la calidad en los índices que la regulación controla.

Las distribuidoras de energía como consecuencia de las obligaciones que les imponen los Contratos de Concesión iniciaron un camino que debería situarlos en un punto de equilibrio entre las exigencias de los consumidores (mejor calidad al menor precio), y su criterio de maximización de beneficios, para lo cual se requerirá la utilización de herramientas de análisis multivariable para obtener información objetiva, que permita disminuir la incertidumbre del administrador, en donde se pueda estudiar los factores que influyen en la consecución de la calidad del servicio comercial o que bien consideramos que lo puedan hacer, de una manera simultánea, de allí la importancia de la utilización de técnicas estadísticas denominadas multivariantes o multivariantes.

Existen varias técnicas de análisis multivariable las cuales se clasifican en dos grupos básicos: Métodos descriptivos o de interdependencia y métodos explicativos o de dependencia. Los métodos explicativos o de dependencia se emplean para explicar o proyectar la(s) variable(s) dependiente(s) con base en dos o más variables independientes. Los métodos descriptivos o de interdependencia tratan de dar significado a un conjunto de variables o bien tratan de agrupar las cosas. Por ejemplo cuando realizamos un estudio de segmentación, por lo que para nuestro análisis en donde intervienen algunas variables para llegar al punto de equilibrio citado, las cuales tienen interdependencia mutua entre las más importantes, costo económico, tiempo, índices de calidad, penalizaciones, aspectos regulatorios, etc., se analizará los métodos agrupados dentro de estos dos grupos que más acorde este a la problemática que se planteará.

El análisis multivariable permitirá aclarar la interrelación de todos los factores que influyen en la determinación de la óptima calidad a menor costo, por lo que se podrá plantear las funciones objetivo las cuales tendrán la finalidad de maximizar la calidad del servicio comercial y de minimizar los costos de inversiones desde el punto de vista de la distribuidora. De allí que su solución óptima se obtendrá de las diversas metodologías que existen en la investigación de operaciones para solucionar este tipo de problemas.

Los indicadores de la calidad del servicio comercial que se consideraran en esta investigación los cuales están citados en la regulación anteriormente mencionada se basan en: la atención de solicitudes, atención de reclamos, errores en medición y facturación enfocados en niveles individuales de calidad comercial vinculados a las prestaciones a cada consumidor, así como niveles globales de calidad comercial estableciendo metas para todo el Distribuidor. Entre los índices y límites individuales el regulador controla los siguientes aspectos: la conexión del servicio eléctrico y del medidor, estimaciones en la facturación, resolución de reclamos comerciales, restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago, plazo de respuesta a las consultas de los consumidores, información previa a los consumidores acerca de interrupciones programadas, reposición del suministro después de una interrupción individual, mientras que los índices y límites globales comprenden los siguientes factores: conexiones de servicio, calidad de la facturación, tratamiento de reclamos, rehabilitaciones de suministro, respuesta a las consultas de los consumidores, consumidores reconectados después de una interrupción.

La metodología que se propone en esta investigación, abarca algunos índices y límites ya citados, pues el analizar todos ellos representa un esfuerzo considerable en lo referente a determinar los costos de los proyectos que actualmente se desarrollan y de aquellos que se encuentran en etapa de planificación para poder alcanzar mejoras en la calidad de los servicios comerciales. De esta manera en la metodología que se propone, se analizará básicamente los indicadores cuya mayor influencia tienen al implementar el proyecto de Tele-medición y Tele-comando, temática que la Smart Metering trata, estos indicadores son: La conexión del servicio eléctrico y del medidor,



estimaciones en la facturación, restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago, en lo referente a los indicadores individuales y para los indicadores globales se considerará: conexiones de servicio, calidad de la facturación, tratamiento de reclamos, rehabilitaciones de suministro, todos estos indicadores se considerará para la Subetapa de aplicación 2. No obstante esta metodología será desarrollada considerando la aplicabilidad para aquellos índices en otros ámbitos que la regulación establece, como la calidad del producto y calidad del servicio técnico.

CAPITULO I: CALIDAD DEL SERVICIO COMERCIAL

CONCEPTOS Y DEFINICIONES.

ENFOQUE

El presente capítulo primeramente describe el costo del servicio eléctrico y los índices de calidad del servicio comercial estipulados en la REGULACION No. CONELEC – 004/01 CALIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO DE DISTRIBUCION, en donde se disponen de índices individuales (a nivel de cliente) e índices globales (a nivel de empresa) que a través de fórmulas específicas para cada uno de ellos se pretende medir y controlar los niveles de calidad del servicio comercial que brinda la CENTROSUR. La comprensión de esta regulación es fundamental para objetos de este trabajo, por lo cual directamente se toman párrafos creídos importantes para su explicación, además incluye definiciones como: el objeto de la medición del índice, unidad de medida, límites establecidos, método de aplicación, fórmulas aplicativas entre otras consideraciones.

Asimismo se presenta un análisis minucioso de la situación de la Empresa en el año 2009, sobre los principales índices de la calidad del servicio comercial, con el objetivo de verificar el desempeño de la Empresa en el cumplimiento de los límites y porcentajes permitidos referidos para cada índice, con miras a la Subetapa 2 de aplicación de la regulación.

Por otra parte, mediante la información estadística de los principales índices comerciales se presenta una evaluación referida a los costos por incumplimiento que incurre la Empresa, así también se considera el total de inversiones realizadas sobre las tareas administrativas y operativas que conlleva ejecutar la medición y control de la calidad de servicio comercial.

Mediante el análisis descrito se presenta un seguimiento sobre los resultados de cumplimiento, multas, penalizaciones e inversiones que realiza la Dirección de Comercialización sobre la calidad de servicio comercial, con el objetivo de contrastar esta información con datos de años futuros.

1.1. COSTOS DEL SERVICIO ELECTRICO

En términos generales, corresponde a una aproximación de los precios de la electricidad que involucra las actividades de Generación Transmisión, Distribución y Comercialización de la energía. Estos costos corresponden al proceso de elaboración de planes tarifarios para los clientes finales, para ello existen varias normas que apuntan a la racionalidad económica y protección al cliente final, principio que procura la eficiencia en la asignación de los recursos.

A nivel mundial se aplican diferentes modelos económicos para el sector eléctrico, normados por regulaciones y leyes propias de cada país, las cuales permiten determinar el costo del servicio eléctrico. Básicamente se aplican dos modelos económicos:

❖ **Modelo Verticalmente Integrado:**

En donde todos los activos de la red eléctrica incluyendo las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía pertenecen a una sola empresa, la cual realiza la gestión de la red, siendo la adjudicación de precios de energía una competencia del Estado. De esta manera no existe ningún tipo de competencia.

❖ **Modelo de Mercados Eléctricos:**

En este caso se introduce la competencia como factor de desarrollo, es decir que las actividades de generación y comercialización de energía se ponen en competencia en mercados eléctricos ocasionales o por contratos. En cuanto a la transmisión y distribución de energía ya que son actividades con características de monopolio natural, no se pueden poner en competencia. Los costos finales de la electricidad dependen de precios marginales que obedecen a curvas de oferta y demanda que se dan en el mercado ocasional.

El modelo económico que se implemente básicamente esta sujeto a las políticas de cada país o región, depende de ciertas características y variables

propias. A nivel mundial se desarrollan los dos tipos de modelos, su éxito depende de las normas y regulaciones que se apliquen.

En Ecuador actualmente (2012) se realiza un proceso de transición del modelo de mercados eléctricos hacia el modelo verticalmente integrado, en donde se pretende formalizar una única empresa eléctrica que se encargue de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización. Puntualizando, que en la actualidad, en el país el servicio de distribución y comercialización de energía lo realiza una única empresa eléctrica.

De cierta forma los costos del servicio eléctrico apuntan a un aspecto técnico, procurando siempre la eficiencia a lo largo de todo el Sistema Eléctrico de Potencia con el objetivo de disminuir los precios de energía, ya que mientras más eficientes sean las actividades del sector, los precios de energía serán más baratos.

Un enfoque general de los costos de cada actividad se enumera a continuación:

❖ Costos en la Generación:

- Costos fijos y variables.
- Servicios complementarios de regulación primaria y secundaria de frecuencia.
- Servicios complementarios de regulación voltaje.
- Potencia remunerada puesta a disposición.
- Costos asociados al mercado de reactivos.
- Mantenimiento.
- Entre otros.

❖ Costos en la Transmisión:

- Costos fijos y variables.
- Mantenimiento, operación y expansión de las redes.
- Entre otros.

❖ Costos en la Distribución y Comercialización:

- Costos fijos y variables.
- Mejoras y expansión de la distribución.
- Plan de mejoras para la distribución.

- Costos del servicio técnico.
- Costos del servicio comercial.
- Costos de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Entre otros.

Como se puede apreciar la mayoría de costos se emplean en actividades netamente técnicas y operativas, reduciendo las inversiones en la parte del servicio comercial, actividad considerada importante y sensible en la evaluación de servicio al cliente.

Las empresas distribuidoras del país planifican y establecen presupuestos para cubrir los costos de servicio eléctrico, además se consideran ciertos valores correspondientes al valor agregado de la distribución que involucra temas de calidad en aspectos técnicos y comerciales. Las inversiones que realizan las empresas distribuidoras son reflejadas a los clientes mediante las tarifas.

En lo que corresponde a la calidad del servicio comercial se considera como un factor importante para el servicio al cliente, siendo significativo la percepción del usuario sobre el servicio comercial brindado, por lo cual las empresas distribuidoras no solamente deben realizar inversiones sobre la parte técnica-operativa, si no también se debe enfocar en aspectos administrativos y comerciales, en busca de una correcta atención y mejora de la imagen de la distribuidora.

En forma general se deberán considerar importante los aspectos técnicos y comerciales, por esta razón existen regulaciones que obligan a las empresas a brindar una mejor calidad del servicio.

Teniendo presente que las actividades de distribución y comercialización son del tipo monopólica, las regulaciones protegen al cliente de posibles ejercicios de poder de mercado, garantizando que las empresas eléctricas ofrezcan un mejor servicio, pues existen fuertes multas si no se cumplen con ciertos indicadores, lo cual genera una mejora en sus actividades operativas y administrativas.

Los costos asociados a los servicios comerciales como por ejemplo: Conexión de nuevos servicios que solicita el cliente, pueden tener componentes de acuerdo a lo siguiente:

- Costos administrativos.
- Costos operativos técnicos.
- Costos de inspección.
- Costos de materiales, bodegaje y despacho.
- Costos de mano de obra por cuadrillas o contratistas.
- Entre otros.

Es bastante complejo medir la calidad del servicio comercial debido a que se compone de diversos índices y variables, por esta razón en el presente estudio se considera analizar la inversión sobre la calidad de servicio comercial, se plantea como gestionar y si es necesario reenfocar las inversiones sobre la calidad del servicio comercial con el objetivo de optimizar las inversiones y disminuir las multas, siendo un tema económico importante ya que los costos de la calidad del servicio comercial es un componente más del precio final de la energía.

1.2 INDICES Y LÍMITES DE LA CALIDAD COMERCIAL QUE ESTABLECE LA REGULACIÓN-004/01

El ente regulador Ecuatoriano Consejo Nacional de Electrificación CONELEC es quien dicta la normativa para el control de la calidad del servicio de distribución para lo cual establece los siguientes considerandos:

“Que, es necesario asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos a que se refieren las disposiciones legales establecidas en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y sus reformas, el Reglamento Sustitutivo del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, el Reglamento de Concesiones, Permisos y Licencias para la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica, el Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad y el Reglamento de Tarifas”.¹

¹ Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

“Que, el Art. 1, inciso segundo del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, establece que las disposiciones de dicho instrumento serán complementadas con regulaciones aprobadas por el CONELEC y por instructivos y procedimientos dictados por los distribuidores de conformidad con este Reglamento.”¹

“Que, para garantizar a los Consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, es necesario dictar las Regulaciones relacionadas con los estándares mínimos de calidad y procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las Empresas Distribuidoras del Servicio Eléctrico”.¹

“Que, el regular las materias previstas en el considerando precedente, se convierte en una garantía de la prestación del servicio por parte de los Distribuidores, y en una defensa de los derechos de los Consumidores.”¹

“Y en ejercicio de las facultades concedidas por el literal e) del artículo 13 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, resuelve expedir la Regulación N° CONELEC - 004/01 sobre la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución, regulación que fue aprobada por el Directorio del CONELEC, mediante Resolución No. 0116/01, en sesión de 23 de mayo de 2001. La cual da lineamientos para que las empresas distribuidora del país, que mantienen contratos de concesión para la distribución del servicio eléctrico dentro del territorio Ecuatoriano, presten sus servicios a sus clientes manteniendo cierta calidad del servicio eléctrico de distribución; esta calidad del servicio de la distribución se mide considerando los siguientes aspectos:”²

- a) Calidad del Producto:** considera el nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje y factor de Potencia.
- b) Calidad del Servicio Técnico:** considera la frecuencia de interrupciones y duración de interrupciones.
- c) Calidad del Servicio Comercial:** considera la atención de solicitudes, atención de reclamos y errores en medición y facturación.

² Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

Considerando los indicadores que la regulación establece en cuanto a la calidad del servicio comercial, motivo de esta investigación **se describe** lo establecido por el ente regulador para el cumplimiento de las empresas distribuidoras.

1.2.1 Calidad del servicio comercial

La calidad del servicio comercial al consumidor, que debe ser cumplida por el Distribuidor, responderá a los siguientes parámetros:

- a) Niveles Individuales de Calidad Comercial: son aquellos vinculados a las prestaciones garantizadas a cada Consumidor.
- b) Niveles Globales de Calidad Comercial: corresponden a las metas de calidad para todo el Distribuidor.

1.2.1.1 Clasificación por densidad demográfica

“A efectos de la determinación de niveles admisibles de los índices de Calidad del Servicio Comercial, se considerará la siguiente clasificación referida a la Densidad Demográfica, dentro del área geográfica que corresponde a la prestación del servicio:”²

- a) Densidad demográfica alta: mayor o igual a 15 consumidores/km².
- b) Densidad demográfica media: desde 5 hasta 15 consumidores/km².
- c) Densidad demográfica baja: menor a 5 consumidores/km².

En cuanto a la clasificación demográfica por consumidor citada y concebida inicialmente para la obtención de los índices comerciales planteados en la regulación, debido a la diversidad demográfica en sectores similares existía dificultades para categorizar a los clientes, situación que dificultaba determinar estos índices de calidad además que era poco aplicable, de esta manera por recomendaciones de las empresas distribuidoras, el CONELEC a través del TALLER SOBRE LA APLICACIÓN DE LA REGULACIÓN No CONELEC 004/01, efectuado en Enero de 2008, reformuló la clasificación demográfica por una clasificación geográfica, reconsiderando la densidad demográfica media y manteniendo la alta y la baja de la siguiente manera:

- a) Densidad demográfica alta: considera los consumidores emplazados en el área urbana, lo cual comprende la densidad demográfica media y alta.
- b) Densidad demográfica baja: considera los consumidores emplazados en el área rural, esto contiene la densidad demográfica baja.

De esta manera las empresas distribuidoras se regirán a la delimitación urbanística de los respectivos municipios, así como a la división política de los cantones.

El registro y obtención de estos índices es responsabilidad de las distribuidoras, los cuales serán obtenidos del sistema comercial de cada empresa en forma mensual y serán reportados al CONELEC.

1.2.2 Índices y límites individuales

Los índices y límites individuales establecidos en la regulación son:

1.2.2.1 Conexión del servicio eléctrico y del medidor

Objeto de la medición: medir el desempeño del Distribuidor sobre la instalación del servicio eléctrico solicitado por sus clientes.

Unidad de medida: días

“Se consideran los tiempos máximos en que el Distribuidor debe proveer la conexión del servicio eléctrico y el medidor a cada Consumidor, a partir de la fecha de pago del depósito en garantía por consumo de energía y por el buen uso de la acometida y el equipo de medición. Los referidos plazos serán los siguientes:”³

- a) Sin modificación de red.

Tabla 1.1: Plazos sin modificación de red [2]

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta y/o Zonas Urbanas	8 días	4 días
Densidad Demográfica Baja y/o Zonas Rurales	15 días	7 días

³ Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

b) Con modificación de red dentro de la franja de servicio de 200m.

Tabla 1.2: Plazos con modificación de red [2]

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta y/o Zonas Urbanas	15 días	10 días
Densidad Demográfica Baja y/o Zonas Rurales	20 días	15 días

c) Instalaciones a Medio Voltaje, con instalación a cargo del consumidor.

Subetapa 1: 10 días.

Subetapa 2: 5 días.

d) Instalaciones a Medio Voltaje, con instalación a cargo del distribuidor: Plazo a convenir entre las partes con los siguientes máximos.

Subetapa 1: 20 días.

Subetapa 2: 15 días.⁴

1.2.2.2 Estimaciones en la facturación

Objeto de la medición: *determinar si la facturación por consumo de energía es realizada acorde a los consumos reales registrados y obtenidos a través de las lecturas mensuales.*

Unidad de medida: *al momento ninguna (no establecido por la regulación) pero podría determinarse mediante porcentaje de clientes leídos referidos al área urbana y rural*

“La facturación a los Consumidores de las zonas urbanas o de densidad demográfica alta y media se efectuarán obligatoriamente en función de lecturas directas de los medidores. Solo serán admisibles facturaciones basadas en estimaciones, para los casos del sector rural que no disponga de medidores y

⁴ En la regulación se plantean la Subetapa 1, la cual esta en plena vigencia desde el año 2001 hasta el inicio de la Subetapa 2. La Subetapa 2 entrara en vigencia cuando el ente regulador lo determine, fecha que aun no esta definida será de carácter permanente para el cálculo de los indicadores.

Cabe indicar que la Subetapa 1 se considera como adaptación de los procesos de las empresas distribuidoras para alcanzar los indicadores establecidos por esta regulación.

los de excepción determinados en la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor, para los cuales el Distribuidor se sujetará a lo establecido en dicha Ley”.⁵

Este indicador no tiene ningún límite, solamente expresa que la facturación a los consumidores se realizará directamente en función de las lecturas de los medidores, por lo cual obligatoriamente se tiene que tomar las lecturas de todos los clientes, a excepción de lo señalado. Esta situación se pudiese cumplir siempre y cuando todos los medidores de los clientes estén ubicados en lugares asequibles (fachada del predio del cliente) para el personal de campo de la Empresa que efectúa las lecturas, lo cual no sucede en su totalidad, ya que en ciertos sectores dentro del área de concesión de la CENTROSUR los contadores de energía se encuentran dentro del predio del cliente, esto dificulta las tareas operativas del personal de campo y conlleva a realizar estimaciones para aquellos clientes que habitualmente no se pueden registrar sus consumos, estas estimaciones afectan directamente en la calidad de facturación al cliente, lo cual se convierte en insatisfacciones y potenciales reclamos relacionados.

Por lo antes indicado este índice de calidad no se puede medir y no dispone de un límite precisamente, ya que en algunos casos las empresas de distribución están exentas al control del acceso al medidor de energía.

La regulación admite que la facturación sea realizada con lecturas directas al sistema de medición, así como lecturas indirectas dentro del área de concesión de las distribuidoras.⁶

1.2.2.3 Resolución de reclamos comerciales

Objeto de la medición: *medir el desempeño del Distribuidor sobre la atención y resolución de reclamos comerciales.*

Unidad de medida: *días.*

⁵ Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

⁶ Se define medición directa a la toma de lecturas de los equipos de medición a través de inspecciones en sitio. Se define medición indirecta a la toma de lectura de los equipos de medición a través de sistemas de comunicación remota.

“Toma en consideración el plazo máximo en que el Distribuidor debe atender y resolver los reclamos de los Consumidores por cuestiones comerciales, contados a partir del momento en que sean recibidos. Este plazo, de acuerdo con el Art. 24 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, será como máximo de 4 días.”⁷

1.2.2.4 Restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago

Objeto de la medición: medir el desempeño del Distribuidor sobre las actividades operativas relacionadas a la reconexión del servicio por falta de pago.

Unidad de medida: horas

“Mide el tiempo, en horas, en que el Distribuidor debe restablecer el servicio suspendido por falta de pago, a partir que el Consumidor haya cancelado su deuda”.⁷

Tabla 1.3: Límites Restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago [2]

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta	24 h	10 h
Densidad Demográfica Baja	36 h	24 h

1.2.2.5 Plazo de respuesta a las consultas de los consumidores

Objeto de la medición: medir el desempeño del Distribuidor sobre los plazos de respuesta a las consultas de los clientes.

Unidad de medida: días

“Los plazos máximos en que el Distribuidor debe dar respuesta escrita a las consultas de los Consumidores, desde el momento en que las recibe, son los siguientes.”⁷

Subetapa 1: 10 días.

Subetapa 2: 5 días.

⁷ Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

1.2.2.6 Información previa a los consumidores sobre interrupciones programadas

Objeto de la medición: medir el desempeño del Distribuidor en la comunicación a los clientes acerca de las interrupciones de servicio eléctrico por intervenciones en el sistema de distribución con objeto operación y mantenimiento.

Unidad de medida: se lleva un registro de las comunicaciones realizadas a través de los medios masivos de comunicación, así como comunicaciones personalizadas a clientes categorizados como un cierto nivel de criticidad.

“El Distribuidor debe informar a los consumidores acerca de las interrupciones programadas del suministro, con una anticipación no inferior a cuarenta y ocho horas (48)”.⁸

1.2.2.7 Reposición del suministro después de una interrupción individual

Objeto de la medición: Evaluar el desempeño del Distribuidor en cuanto al tiempo de reposición del servicio para fallas individuales. Actualmente la CENTROSUR no dispone de las herramientas necesarias para medir este indicador (se encuentra en proceso de implementación).

Unidad de medida: horas.

“Independientemente de las exigencias indicadas en el punto referido a la calidad de Servicio Técnico, en los casos en que un usuario sufra una interrupción prolongada, el Distribuidor debe reponer el suministro en los tiempos máximos que se indican a continuación, los que se miden en horas desde el momento de la interrupción”.⁸

Tabla 1.4: Límites reposición del suministro después de una interrupción individual [2]

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta	5 h	3 h
Densidad Demográfica Baja	15 h	8 h

⁸ Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

1.2.3 Índices y Límites Globales

Los índices y límites globales establecidos en la regulación los cuales serán considerados para todo el Distribuidor son: (Evaluación con periodicidad mensual).

1.2.3.1 Conexiones de Servicio

Objeto de la medición: *Evaluar el tiempo tomado por la empresa para la conexión de nuevos servicios.*

Unidad de medida: *porcentaje.*

“Se considera los porcentajes mínimos de conexiones de servicio que deben realizarse dentro de los plazos máximos establecidos como índices individuales para cada consumidor, para aquellos consumidores que no requieran de ampliación o modificación de la red de distribución”.⁹

Tabla 1.5: Porcentajes mínimos de conexiones de servicio [2]

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta	95%	98%
Densidad Demográfica Baja	95%	98%

Método de medición: *Se emplea la siguiente fórmula*

$$\text{Conexiones de Servicio}(\%) = \frac{N_{cp}}{N_c} * 100 \quad (1)$$

Donde:

N_{cp}: Número de conexiones de nuevo servicio que se realizaron dentro de los plazos establecidos.

N_c: Número total de conexiones de nuevos servicios realizadas en el mes. [2]

⁹ Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

1.2.3.2 Calidad de la Facturación

Objeto de la medición: *Evaluar el desempeño del Distribuidor en lo que refiere a la calidad de la facturación a los consumidores.*

Unidad de medida: *porcentaje.*

Se evaluará conforme al siguiente índice:

Porcentaje de Errores en la Facturación (PEF).

Método de medición: “Se considera, mensualmente y por categoría tarifaria, el porcentaje máximo de re-facturaciones de facturas emitidas”.¹⁰

$$PEF = \frac{Fa}{Ne} * 100 \quad (2)$$

Donde:

Fa: Número de facturas ajustadas con motivo de corregir un error de lectura o facturación.

Ne: Número total de facturas emitidas.

Los límites establecidos son los siguientes:

Subetapa 1: 4%

Subetapa 2: 2%. [2]

1.2.3.3 Tratamiento de Reclamos

“La medición del desempeño del Distribuidor, en lo que respecta al número y tratamiento de los Reclamos de los Consumidores y sus quejas, se verificará mensualmente, de acuerdo a los siguientes parámetros:”¹⁰

a) Porcentaje de reclamos (PRU):

Objeto de la medición: *Evaluar el desempeño de la empresa distribuidora, en lo que respecta al número de reclamos recibidos por interrupciones de servicio, variaciones en los niveles de voltaje y por problemas comerciales.*

Unidad de medida: *porcentaje.*

¹⁰ Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

Método de medición: Se evalúa conforme la siguiente fórmula:

$$PRU = \frac{Ra}{Nu} * 100 \quad (3)$$

Donde:

Ra: Número total de reclamos o quejas procedentes recibidas.

Nu: Número total de consumidores servidos. [2]

Los límites establecidos son los siguientes:

Tabla 1.6: Limite porcentaje de reclamos [2]

	Subetapa 1	Subetapa 2
PRUi	10 %	8 %
PRUt	8 %	6 %
PRUc	5 %	3 %

Donde:

PRUi: Porcentaje de Reclamos por interrupciones de servicio.

PRUt: Porcentaje de Reclamos por variaciones en los niveles de Voltaje.

PRUc: Porcentaje de Reclamos por problemas comerciales. [2]

b) Tiempo promedio de procesamiento de los Reclamos Comerciales (TPR):

Objeto de la medición: Evaluar el tiempo promedio utilizado para la resolución de reclamos.

Unidad de medida: días.

Método de medición: Se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$TPR = \frac{\sum_i Ta_i}{Ra} \quad (4)$$

Donde:

Tai: tiempo en días para resolver cada reclamo o queja

Ra: número total de reclamos o quejas recibidas

Los límites establecidos son los siguientes:

Subetapa 1: 8 días

Subetapa 2: 4 días [x]

c) Porcentaje de resolución (PRR):

Objeto de la medición: Evaluar la resolución de reclamos o quejas recibidas

Unidad de medida: porcentaje.

Método de medición: Se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$PRR = \frac{Nr}{Ra} * 100 \quad (5)$$

Donde:

Nr: Número de casos de reclamos y quejas resueltas

Ra: Número total de reclamos o quejas recibidas

Los límites establecidos son los siguientes:

Subetapa 1: 95%

Subetapa 2: 98% [2]

1.2.3.4 Rehabilitaciones de Suministro

Objeto de la medición: Evaluar el tiempo tomado por la empresa para restablecer el servicio suspendido por falta de pago.

Unidad de medida: porcentaje.

“Se considera el porcentaje de rehabilitaciones de suministros suspendidos por falta de pago que, como mínimo, deben ser realizados por el Distribuidor dentro de los plazos establecidos como índices individuales para cada consumidor”.¹¹

Método de medición: Se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{REHABILITACIONES DE SUMINISTRO} = \frac{Nrp}{Nrs} * 100 \quad (6)$$

Donde:

Nrp: Número de rehabilitaciones de suministro que se realizaron dentro de los plazos establecidos.

Nrs: Número total de rehabilitaciones de suministro realizadas en el mes. [2]

Tabla 1.7: Porcentaje de rehabilitaciones de suministros suspendidos por falta de pago [2]

AREA GEOGRAFICA		Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta		95 %	97 %
Densidad Baja	Demográfica	92 %	95 %

1.2.3.5 Respuesta a las Consultas de los Consumidores

Objeto de la medición: Evaluar el tiempo tomado por la empresa para dar respuesta escrita a las consultas de los consumidores.

Unidad de medida: porcentaje.

“Se considera el porcentaje de consultas de consumidores que, como mínimo, deben ser respondidas por escrito por el Distribuidor dentro de los plazos establecidos como índices individuales para cada consumidor”.¹²

Método de medición: Se evalúa mediante la siguiente fórmula:

¹¹ Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

¹² Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

$$\text{RESPUESTA A LAS CONSULTAS DE LOS CONSUMIDORES (\%)} = \frac{N_{ccr}}{N_{cr}} * 100 \quad (7)$$

Donde:

N_{ccr}: Número de consultas con respuesta por escrito dentro de los plazos establecidos.

N_{cr}: Número total de consultas recibidas en el mes. [2]

Tabla 1.8: Porcentaje de consultas de consumidores [2]

		Subetapa 1	Subetapa 2
Respuestas	en	95 %	98 %
Plazo			

1.2.3.6 Consumidores reconectados después de una interrupción

Objeto de la medición: Evaluar el tiempo tomado por la empresa para restablecer el servicio suspendido por interrupción.

Unidad de medida: porcentaje.

“Para este índice se considera el porcentaje de Consumidores que, como mínimo, deben ser reconectados por el Distribuidor, dentro de los plazos máximos garantizados a cada usuario”.¹²

Método de medición: Se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CONSUMIDORES RECONECTADOS DESPUÉS DE UNA INTERRUPCIÓN (\%)} = \frac{N_{crpi}}{N_{ci}} * 100 \quad (8)$$

Donde:

N_{crpi}: Número de consumidores reconectados por interrupción, dentro de los plazos establecidos.

N_{ci}: Número total de consumidores interrumpidos. [2]

Tabla 1.9: Plazos máximos garantizados para cada consumidor [2]

AREA GEOGRAFICA		Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta		95 %	97 %
Densidad Baja	Demográfica	93%	95%

1.2.3.7 Satisfacción de Consumidores

Objeto de la medición: *Evaluar la satisfacción del cliente con respecto al servicio prestado por la empresa distribuidora, en los siguientes aspectos:*

- a) *Variaciones del voltaje*
- b) *Flicker o parpadeo*
- c) *Frecuencia de interrupciones*
- d) *Duración de las interrupciones*
- e) *Atención a solicitudes de servicio*
- f) *Atención a reclamos*
- g) *Facturación*
- h) *Facilidades de pago de facturas*
- i) *Imagen institucional*

Unidad de medida: *porcentaje.*

Índice

Método de medición: *“Para evaluar la satisfacción de los Consumidores en relación con el suministro del servicio, se utilizará la siguiente expresión.”¹³*

$$ISC = \frac{Com.S}{Com.T} * 100 \quad (9)$$

¹³ Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

Donde:

ISC: Índice de satisfacción de los Consumidores en porcentaje.

Com.S: Número de Consumidores, de los encuestados, que se encuentran satisfechos con el servicio prestado por el Distribuidor.

Com.T: Número de Consumidores encuestados. [2]

Encuestas

“Para el cálculo del índice señalado, el Distribuidor deberá efectuar a su costo, cuando el CONELEC lo determine y al menos anualmente, una encuesta entre los Consumidores ubicados en su área de concesión.”¹⁴

“El número de Consumidores a ser encuestados, será seleccionado en tal forma que la muestra sea estadísticamente representativa; considerando los diferentes tipos de Consumidores, los niveles de voltaje y las zonas geográficas.”¹⁴ La encuesta considerará los nueve aspectos numerados anteriormente.

“Se calculará el índice de satisfacción a los Consumidores para cada uno de los aspectos indicados en porcentaje.”¹⁴ Con los resultados obtenidos de cada aspecto consultado se obtiene el Índice de Satisfacción de los Consumidores ISC mediante la media aritmética de los porcentajes individuales

“La muestra a ser encuestada, así como el formato y contenido de la encuesta serán sometidos a consideración del CONELEC, por lo menos treinta (30) días antes de la fecha de inicio de las encuestas.”¹⁴

Límite

“Se considerará que el Distribuidor cumple satisfactoriamente con este índice, cuando los valores obtenidos de las encuestas, para el ISC, son iguales o mayores al 90%”.¹⁴

¹⁴ Consejo Nacional de Electricidad, Regulación N°. – 004/01, “Calidad del servicio eléctrico de distribución”, Quito – Ecuador, 23 de mayo de 2001. Ver bibliografía [2]

1.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA DISTRIBUIDORA CENTROSUR

Como se indicó anteriormente se disponen de varios índices que regulan la calidad del servicio comercial, adicionalmente el proceso de recolección de datos y cálculo de cada indicador es extenso, por lo cual realizar el estudio de cada indicador sería un proceso demasiado largo y complejo, además dentro de la calidad del servicio comercial existen ciertos indicadores considerados más importantes. Dada esta situación se debe aplicar un método que permita estudiar solamente ciertos índices considerados preponderantes en su aporte, que puedan representar la mayor parte de la calidad del servicio comercial, por consiguiente se utilizará el **Método de Pareto**, el cual se describe a continuación:

“El principio de Pareto es también conocido como **la regla del 80-20** y recibe este nombre en honor a Vilfredo Pareto, quien lo enunció por primera vez. Se considera un pequeño porcentaje de las causas, el 20%, las cuales producen la mayoría de los efectos, el 80%. Entonces se debe encontrar cuales son ese pequeño porcentaje de causas, para actuar prioritariamente sobre estas. Pareto enunció el principio basándose en el denominado conocimiento empírico. Observó que la gente en su sociedad se dividía naturalmente entre los «pocos de mucho» y los «muchos de poco»; se establecían así dos grupos de proporciones 80-20 tales que el grupo minoritario, formado por un 20% de población, ostentaba el 80% de algo y el grupo mayoritario, formado por un 80% de población, el 20% de ese mismo algo. Estas cifras son arbitrarias; no son exactas y pueden variar. Su aplicación reside en la descripción de un fenómeno y, como tal, es aproximada y adaptable a cada caso particular.”¹⁵

Según Pareto en general se puede establecer que la gran mayoría de la calidad del servicio comercial radica en un pequeño porcentaje de los procesos operativos que se realizan.

Partiendo de este principio y con el objetivo de concentrar los esfuerzos de análisis, se puede representar una aproximación bastante confiable estudiando

¹⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pareto Ver bibliografía [13]

solamente cuatro índices de la calidad de servicio comercial que representan el 30% del total, los cuales se consideran críticos y predominantes en su aporte de calidad como se explica a continuación:

1. **Conexión de nuevos servicios sin modificación de red:** se considera importante ya que la conexión del servicio eléctrico es un proceso perceptible para el usuario final, de tal manera el tiempo de duración y cumplimiento de la instalación de acometida y medidor es esencial tanto para la empresa distribuidora como para la satisfacción del cliente, se considera adicionalmente uno de los servicios de la comercialización que involucra mayores inversiones en mano de obra y materiales para las instalaciones de los sistemas de medición.
2. **Conexión de nuevos servicios con modificación de red:** de igual manera que el indicador anterior, la conexión de nuevos servicios con modificación de red aporta de gran manera a la calidad de servicio comercial, básicamente considera los mismos aspectos del punto 1 en cuanto a servicio al cliente, inversión en redes de distribución y pagos de los clientes por la construcción de la red e instalación del servicio eléctrico.
3. **Reconexión del servicio por falta de pago:** la gestión de cartera se refiere a trabajos de corte y reconexión que son principales en las empresas de distribución del servicio eléctrico, pues mediante acciones coercitivas se procede con la recuperación económica sobre clientes que se encuentran en mora, contribuyendo ostensiblemente sobre la calidad del servicio comercial, en vista de que los clientes cuando han cancelado el servicio eléctrico adeudado solicitan de forma inmediata la reposición del servicio eléctrico.
4. **Calidad de facturación:** es un tema bastante sensible ya que involucra la información comercial directamente con el cliente, esta información de carácter mensual debe ser clara, precisa y sin errores para todos los clientes de la Empresa, de esta forma aumenta la satisfacción al cliente, evitando reclamos comerciales, lo cual facilita el proceso de recaudación. Como vemos la calidad de facturación se puede considerar

como un índice relevante e importante en la aportación de la calidad del servicio comercial ya considera toda la facturación de los clientes de la distribuidora.

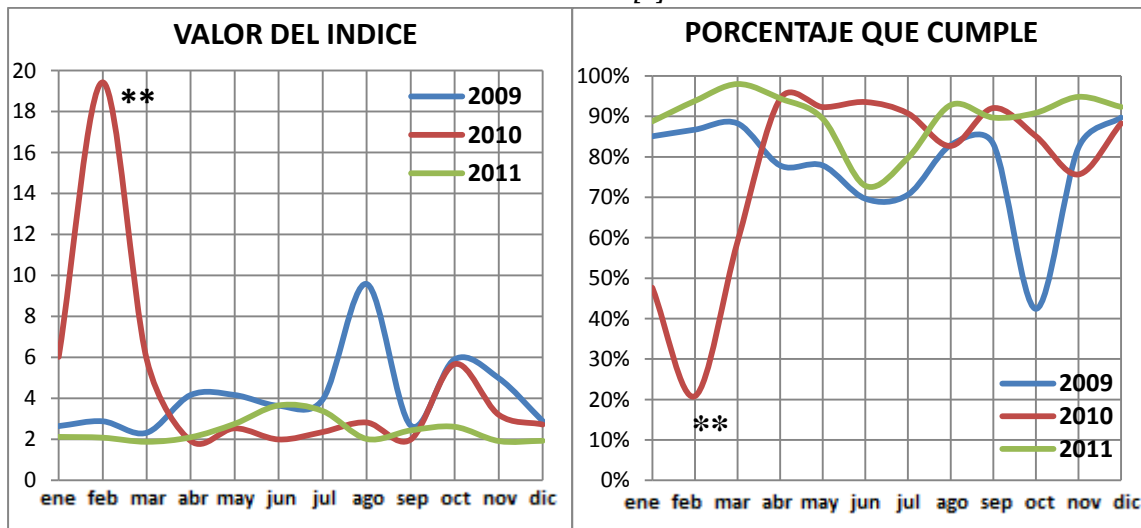
Por otra parte, para el análisis pertinente se va a utilizar información anual del periodo que represente la situación más negativa para CENTROSUR, de esta forma se puede evidenciar mayores penalizaciones y falencias con lo cual se logra proponer importantes mejoras.

Para ello se efectuará una comparación de datos relacionados al cumplimiento de los cuatro índices indicados anteriormente, en periodos anuales (2009, 2010, 2011), para poder determinar cuál fue el año más negativo para la Empresa referido al desempeño en la calidad.

La información a ser comparada se visualizará mediante cuadros tipo curvas, como se indica a continuación:

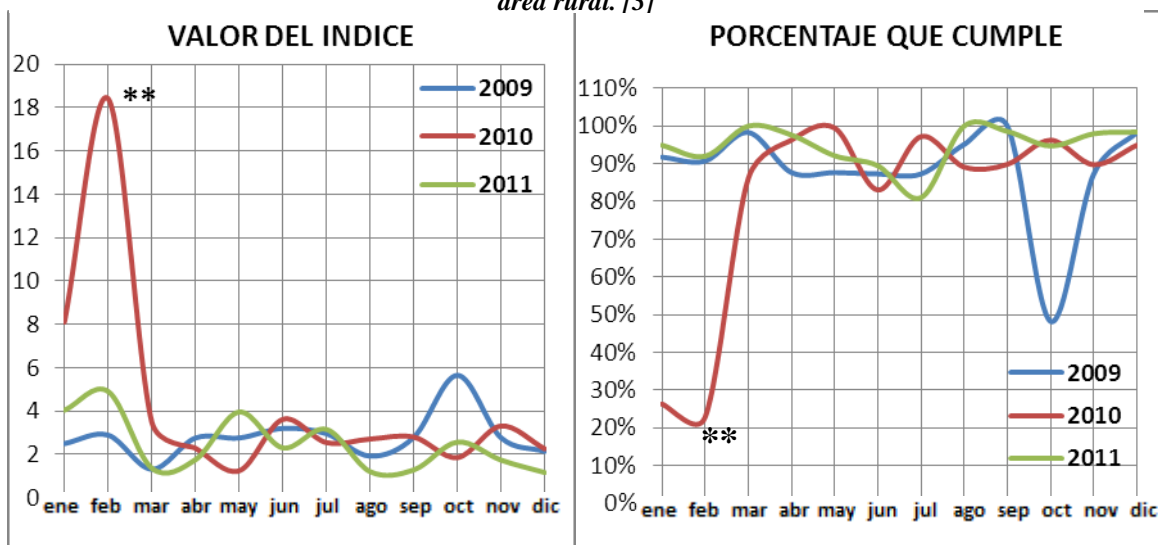
CONEXIÓN DEL SERVICIO ELÉCTRICO SIN MODIFICACIÓN DE RED

Tabla 1.10: Comparación año 2009, 2010, 2011 Conexión del servicio eléctrico sin modificación de red área urbana [3]



**** Este pico en la grafica es inusual y se debe a que en ese periodo cambio los procesos de contratación pública, por lo que no se dispuso de contratistas para realizar los trabajos operativos en el área urbana.**

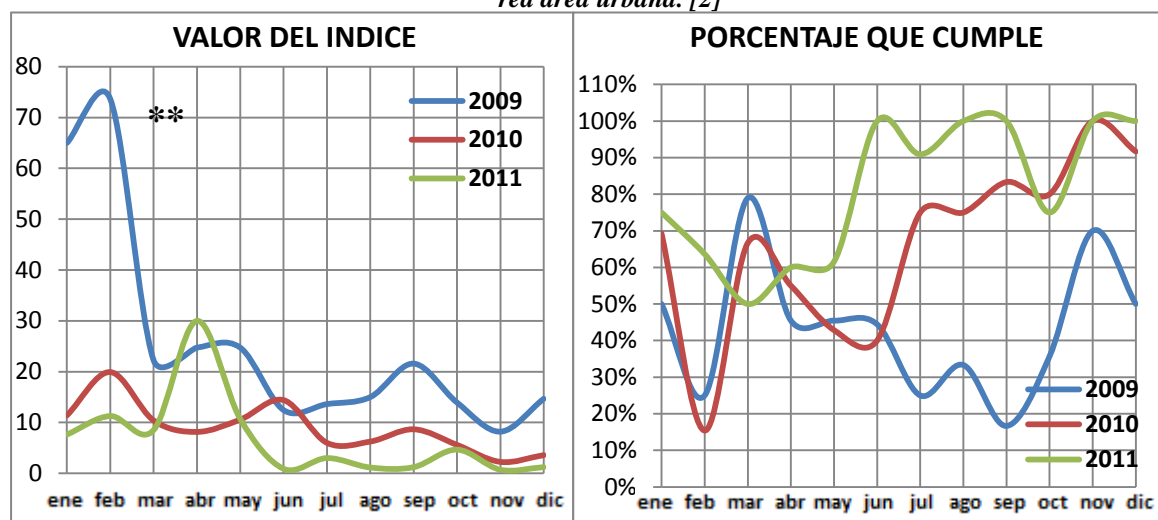
Tabla 1.11: Comparación año 2009, 2010, 2011 Conexión del servicio eléctrico sin modificación de red área rural. [3]



**** Este pico en la grafica es inusual y se debe a que en ese periodo cambio los procesos de contratación pública, por lo que no se dispuso de contratistas para realizar los trabajos operativos en el área rural.**

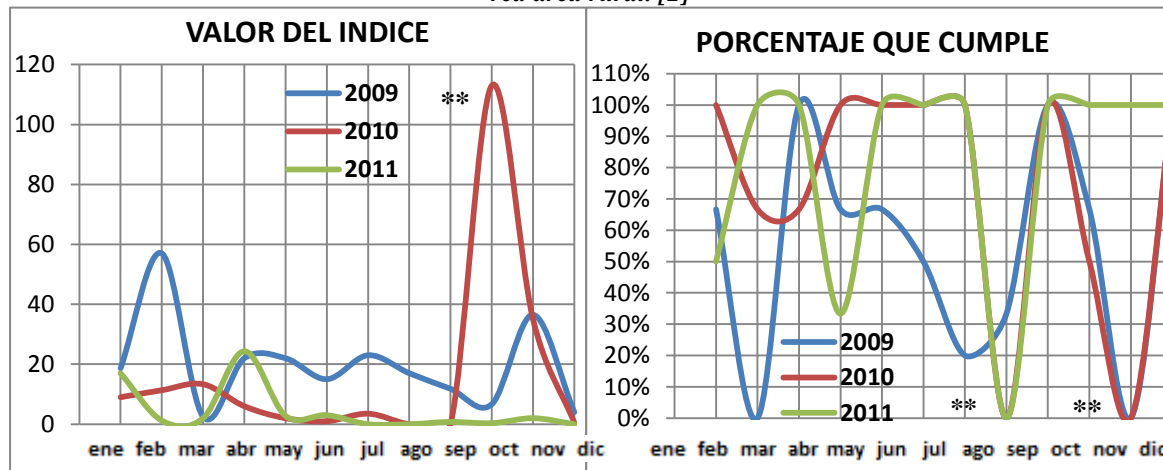
CONEXIÓN DEL SERVICIO ELÉCTRICO CON MODIFICACIÓN DE RED

Tabla 1.12: Comparación año 2009, 2010, 2011 Conexión del servicio eléctrico con modificación de red área urbana. [2]



**** Picos inusuales en las graficas se deben a situaciones extraordinarias como falta de información y/o ausencia de contratistas para realizar los trabajos operativos en el área urbana**

Tabla 1.13: Comparación año 2009, 2010, 2011 Conexión del servicio eléctrico con modificación de red área rural. [2]



**** Picos inusuales en las graficas se deben a situaciones extraordinarias como falta de información y/o ausencia de contratistas para realizar los trabajos operativos en el área rural.**

RESTABLECIMIENTO DEL SERVICIO SUSPENDIDO POR FALTA DE PAGO

Tabla 1.14: Tiempo de restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago, área urbana [4]

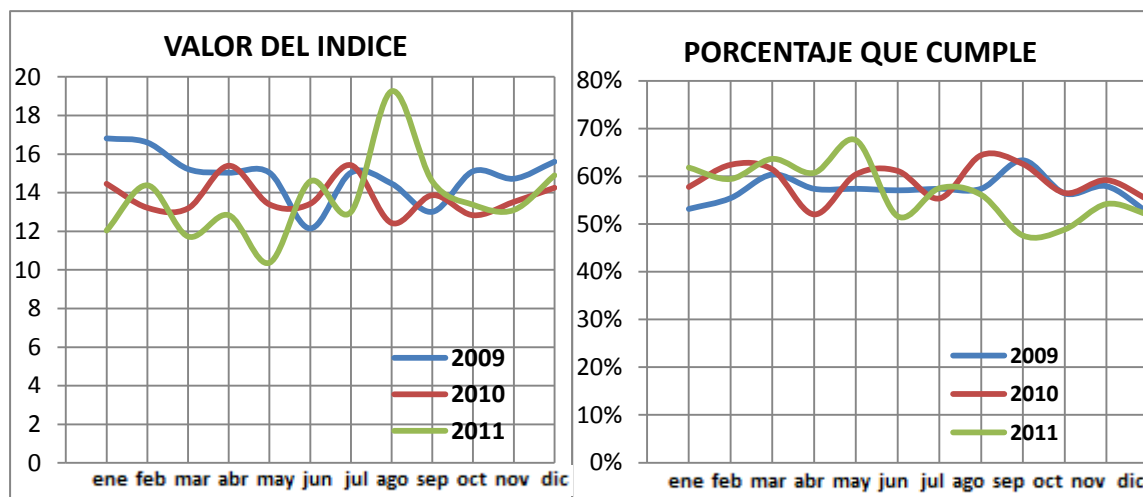
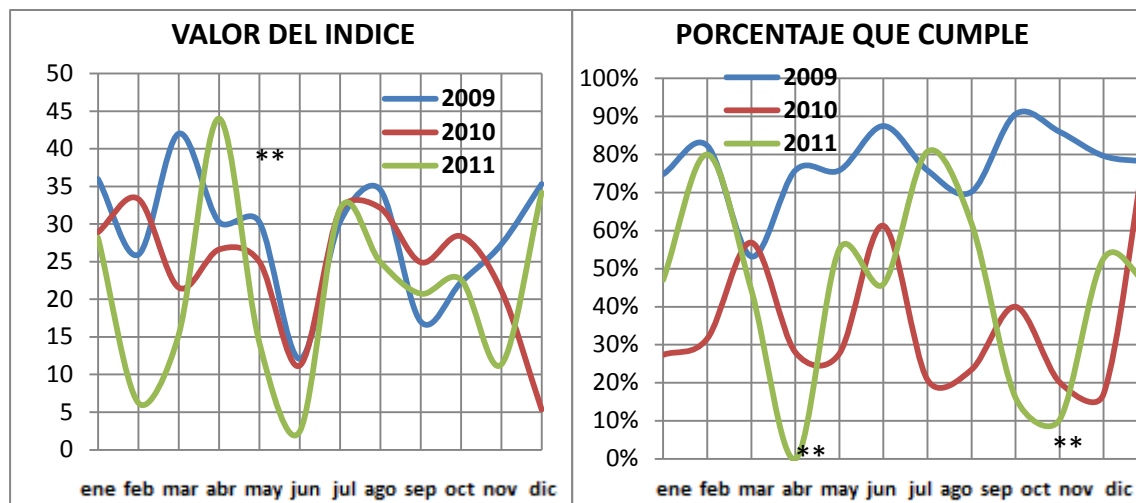
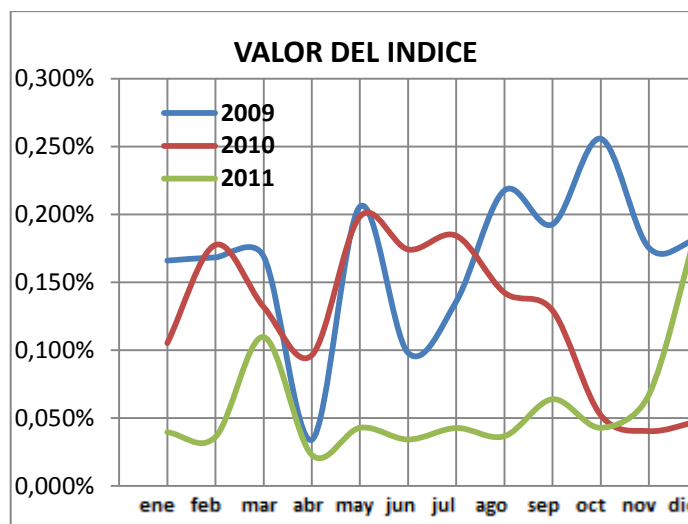


Tabla 1.15: Tiempo de restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago, área rural [4]



CALIDAD DE LA FACTURACIÓN.

Tabla 1.16: Calidad de la facturación, porcentajes de errores de facturación [5]



Como podemos observar en cada comparación se concluye que los datos del año 2009 son los más críticos, por ende la información de este período se considerará para plantear y desarrollar el análisis correspondiente, ya que permite tener una mejor apreciación de las penalizaciones que las empresas distribuidoras puedan tener, por lo que

se cree conveniente realizar todo el estudio basándose en los datos del año 2009.

1.3.1 Índices comerciales de la CENTROSUR

El sistema de comercialización obtiene estos indicadores y mantiene una base de datos, los cuales son reportados al ente regulador mensualmente; para establecer el estado de situación actual de la CENTROSUR, se considerará el período de un año, año de referencia 2009; es necesario realizar una aclaratoria sobre la evaluación de los índices que se presentarán, pues se considerará exclusivamente los índices de la matriz de la CENTROSUR, la cual es mayoritaria y predominante en comparación con el número de clientes que atiende, con respecto de las 14 agencias y 15 oficinas que tienen, en su área de concesión; de allí que se presentan los siguientes resultados de acuerdo con las dos Subetapas establecidas por el Regulador:

1.3.1.1 Conexión del servicio eléctrico sin modificación de red

De acuerdo con la regulación, en este punto se establecen cuatro consideraciones para medir los tiempos de atención para la instalación de los nuevos servicios, y se mide en los casos en que los nuevos servicios solicitados a la distribuidora, no requieren modificación de red, aquellos que requieran la modificación de red dentro de la franja de servicio, instalaciones a medio voltaje con instalación a cargo del consumidor e instalaciones a medio voltaje con instalación a cargo del distribuidor. De la información obtenida se considera el análisis de los nuevos servicios sin modificación de red y conexión de servicio con modificación de red, de allí los siguientes datos:

Tabla 1.17 Datos conexión del servicio eléctrico sin modificación de red área urbana año 2009 [3]

AÑO	MES	TOTAL CONEXIONES	TOTAL DE DIAS	VALOR DEL INDICE	CUMPLE SUBETAPA 1	CUMPLE SUBETAPA 2	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2
2009	Ene	456	1.208	2,65	445	388	85%
2009	Feb	437	1.260	2,88	429	379	87%
2009	Mar	698	1.623	2,33	686	616	88%
2009	Abr	506	2.108	4,17	478	394	78%
2009	May	506	2.108	4,17	478	394	78%
2009	Jun	392	1.427	3,64	369	273	70%
2009	Jul	518	2.044	3,95	491	366	71%
2009	Ago	497	4.763	9,58	441	412	83%
2009	Sept	435	1.164	2,68	425	362	83%
2009	Oct	594	3.511	5,91	488	252	42%
2009	Nov	519	2.589	4,99	503	427	82%
2009	Dic	515	1.488	2,89	499	462	90%

Como se puede ver en la tabla anterior se muestran los resultados de este índice, el cual esta expresado en días y su análisis así como los demás índices individuales y globales, serán realizados para la Subetapa 2, la cual contempla el régimen de penalizaciones. Por tanto para zonas urbanas, la conexión del servicio eléctrico se realizará en tiempo no mayor a 4 días y con el 98% de cumplimiento de todas las solicitudes de nuevos servicios. Se presenta la siguiente gráfica:

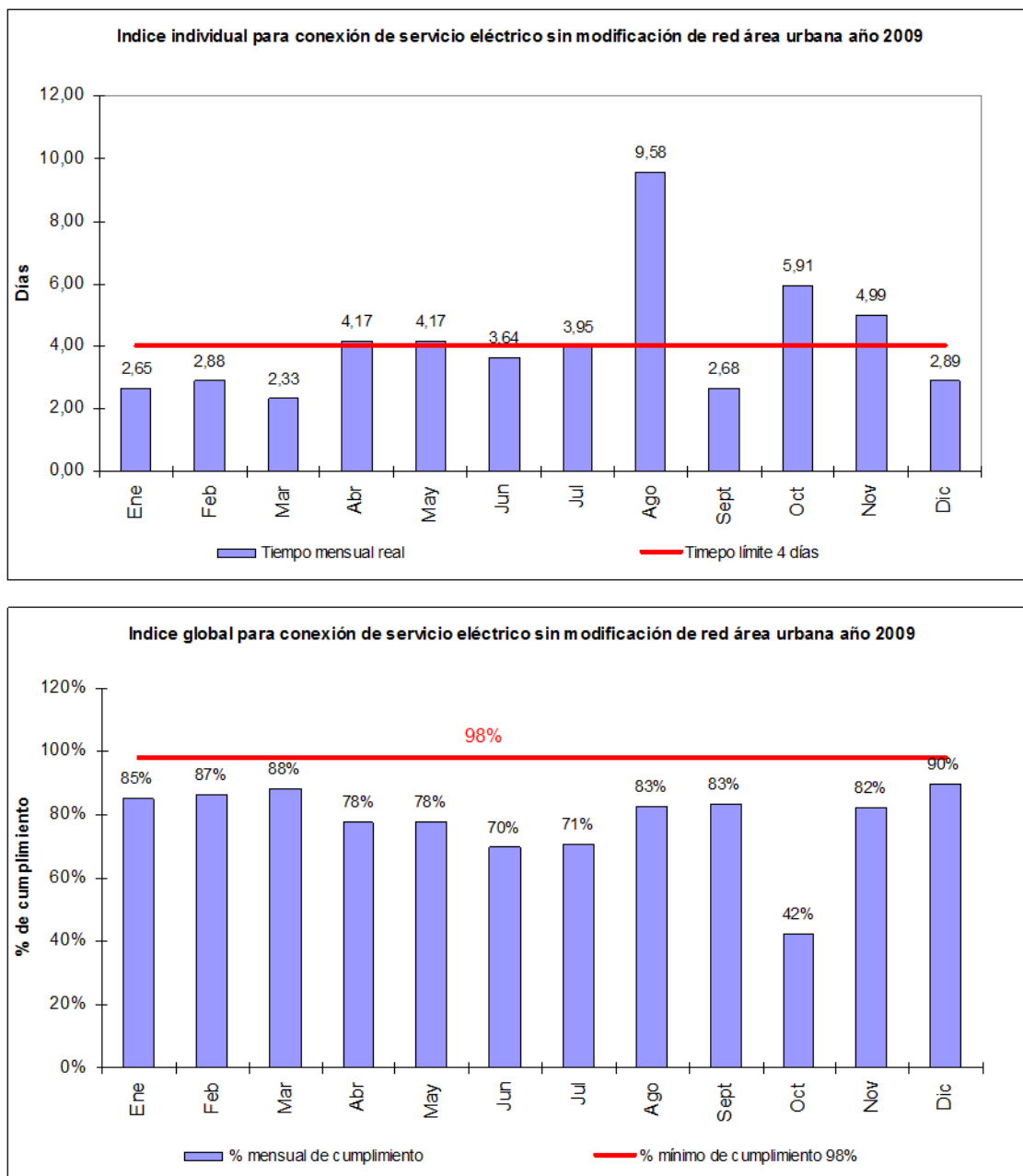


Gráfico 1.1 Índice individual y global de la conexión del servicio eléctrico sin modificación de red área urbana año 2009 [3]

Para los datos de la densidad demográfica baja o área rural, se indica que se realizó la unificación de la información de las áreas de densidad demográfica media y baja en una sola, la siguiente tabla muestra estos datos:

Tabla 1.18: Datos conexión del servicio eléctrico sin modificación de red área rural año 2009[3]

AÑO	MES	TOTAL CONEXIONES	TOTAL DE DIAS	VALOR DEL INDICE	CUMPLE SUBETAPA 1	CUMPLE SUBETAPA 2	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2
2009	Ene	85	212	2	83	78	92%
2009	Feb	54	156	3	52	49	91%
2009	Mar	118	155	1	117	116	98%
2009	Abr	73	201	3	72	64	88%
2009	May	73	201	3	72	64	88%
2009	Jun	71	227	3	69	62	87%
2009	Jul	63	186	3	61	55	87%
2009	Ago	82	157	2	81	78	95%
2009	Sept	56	156	3	55	53	100%
2009	Oct	85	480	6	85	41	48%
2009	Nov	55	152	3	55	48	87%
2009	Dic	60	128	2	60	59	98%

Para el área rural, la regulación establece que el tiempo máximo para las conexiones de nuevos servicios es de siete días para el índice individual y para el índice global el cumplimiento mínimo es del 98%, a continuación se presentan los datos estadísticos.

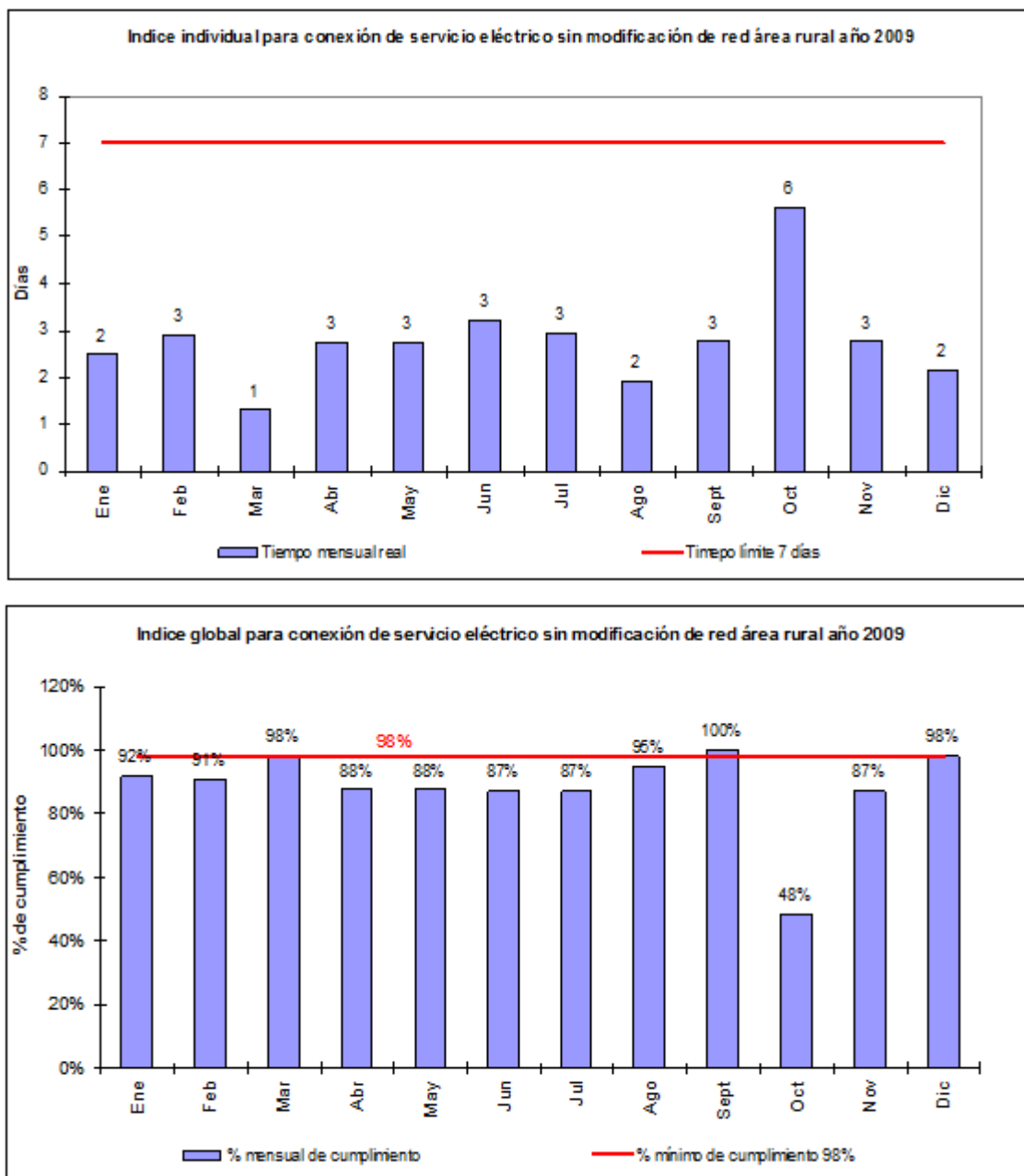


Gráfico 1.2: Índice individual y global de la conexión del servicio eléctrico sin modificación de red área rural año 2009. [2]

Se puede concluir que para el área rural existe el cumplimiento en cuanto al tiempo límite, pero no así en el porcentaje mínimo de cumplimiento ya que solo se cumple en tres de los doce meses.

1.3.1.2 Conexión del servicio eléctrico con modificación de red

Para la conexión del servicio eléctrico con modificación de red al igual que el índice sin modificación de red, el análisis se realizará para el área urbana y rural; la regulación para el área urbana establece que se deberá realizar la

conexión en el plazo de 10 días para el índice individual, no establece la regulación índice global, los datos se presentan a continuación:

Tabla 1.19: Datos conexión del servicio eléctrico con modificación de red área urbana año 2009. [3]

AÑO	MES	TOTAL CONEXIONES	TOTAL DE DIAS	VALOR DEL INDICE
2009	Ene	6	390	65,00
2009	Feb	12	884	73,67
2009	Mar	19	423	22,26
2009	Abr	11	272	24,73
2009	May	11	272	24,73
2009	Jun	9	112	12,44
2009	Jul	8	109	13,63
2009	Ago	6	90	15,00
2009	Sept	12	259	21,58
2009	Oct	14	195	13,93
2009	Nov	10	82	8,20
2009	Dic	12	176	14,67

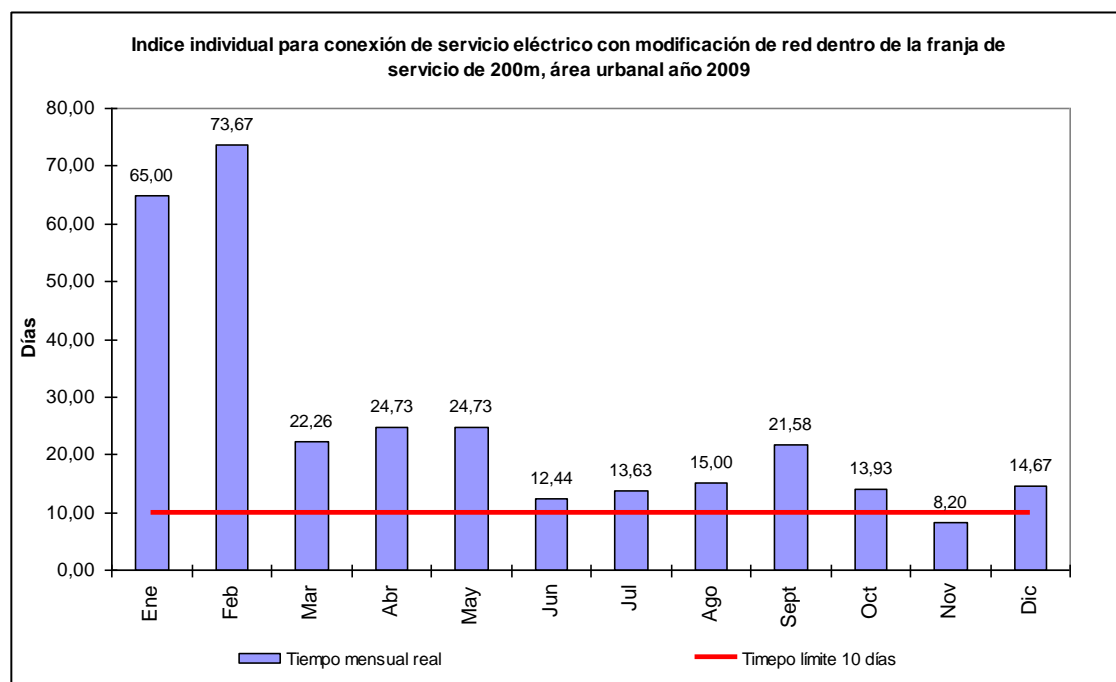


Gráfico 1.3: Índice individual de la conexión del servicio eléctrico con modificación de red área urbana año 2009. [3]

El incumplimiento de este indicador se da en casi todos los meses dentro del período de análisis.

Para el área rural se establece que el cumplimiento de la conexión del nuevo servicio con modificación de red se la realizará en el plazo de 15 días, a continuación se presenta los siguientes datos:

Tabla 1.20: Datos conexión del servicio eléctrico con modificación de red área rural año 2009. [3]

AÑO	MES	TOTAL CONEXIONES	TOTAL DE DIAS	VALOR DEL INDICE
2009	Ene	3	56	18,67
2009	Feb	4	228	57,00
2009	Mar	2	5	2,50
2009	Abr	3	66	22,00
2009	May	3	66	22,00
2009	Jun	2	30	15,00
2009	Jul	5	115	23,00
2009	Ago	3	51	17,00
2009	Sept	5	59	11,80
2009	Oct	3	20	6,67
2009	Nov	2	73	36,50
2009	Dic	5	20	4,00

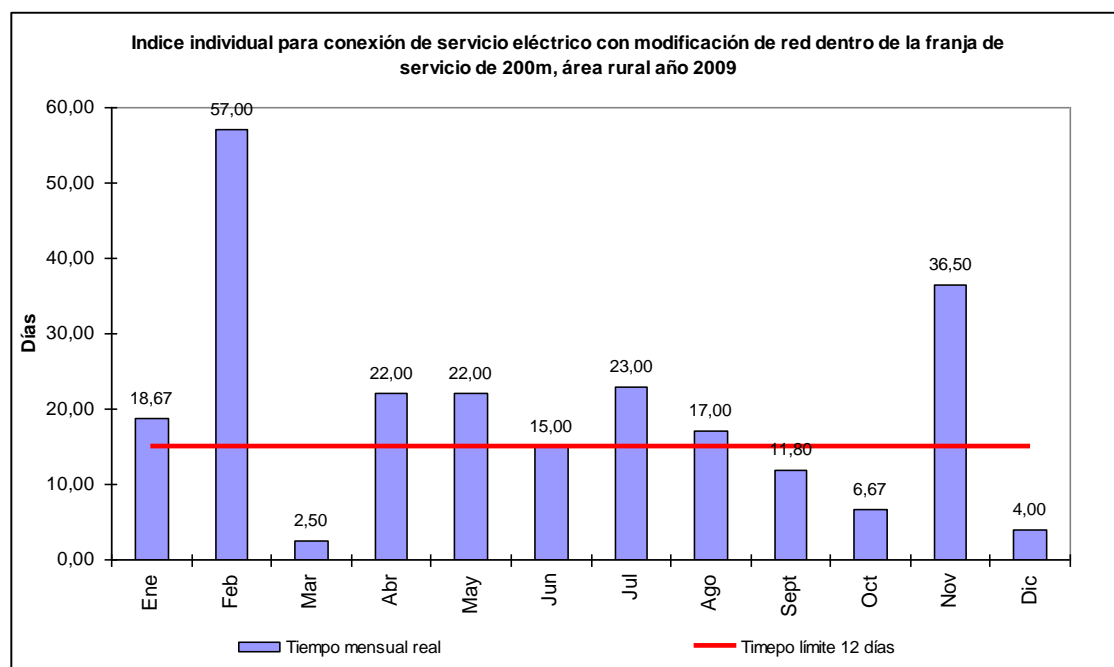


Gráfico 1.4: Índice individual de la conexión del servicio eléctrico con modificación de red área rural año 2009. [3]

Se puede observar que el incumplimiento de este índice se presenta en siete meses de año.

1.3.1.3 Restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago

Como en el índice anterior, se presentará los datos estadísticos con respecto al área urbana o densidad demográfica alta, para lo cual la regulación establece que el tiempo máximo en la Subetapa 2 no sea mayor a 10 horas para los índices individuales mientras que para el indicador global establece que el porcentaje de cumplimiento debe ser del 97%.

Tabla 1.21: Datos restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago área urbana año 2009. [3]

AÑO	MES	TOTAL RECONEXIONES	TOTAL DE HORAS	VALOR DEL INDICE	CUMPLE SUBETAPA 1	CUMPLE SUBETAPA 2	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2
2009	Ene	2.557	42.986	16,81	2.163	1.359	53%
2009	Feb	2.514	41.726	16,60	2.177	1.393	55%
2009	Mar	2.788	42.445	15,22	2.486	1.683	60%
2009	Abr	2.278	34.248	15,03	2.020	1.307	57%
2009	May	2.278	34.248	15,03	2.020	1.307	57%
2009	Jun	766	9.304	12,15	723	437	57%
2009	Jul	2.278	34.248	15,03	2.020	1.307	57%
2009	Ago	1.732	25.059	14,47	1.560	994	57%
2009	Sept	3.101	40.341	13,01	2.803	1.964	63%
2009	Oct	2.426	36.655	15,11	2.166	1.368	56%
2009	Nov	2.623	38.617	14,72	2.359	1.519	58%
2009	Dic	1.993	31.100	15,60	1.747	1.043	52%

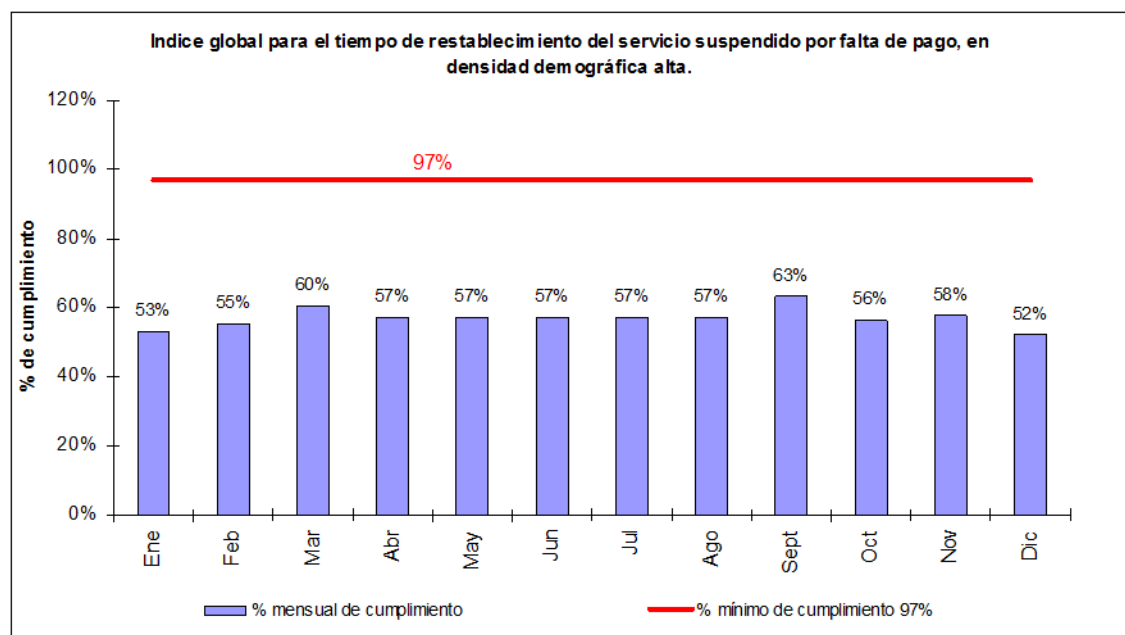
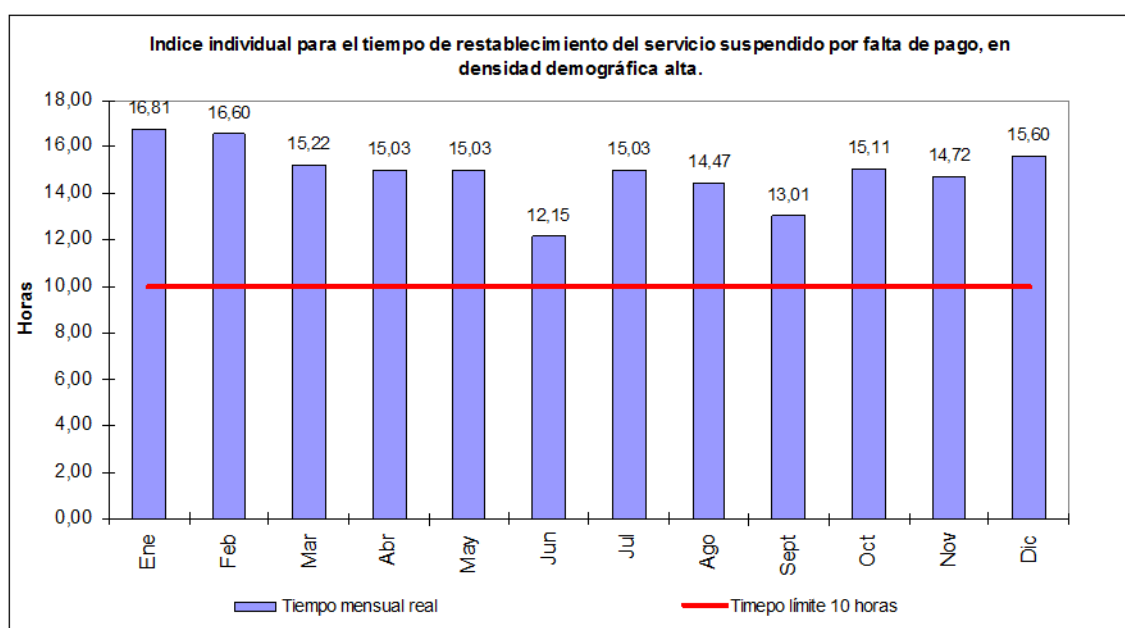


Gráfico 1.5: Índice individual y global del restablecimiento del servicio eléctrico área urbana año 2009. [3]

Se observa que no existe cumplimiento tanto en el tiempo límite para la reconexión como en el porcentaje mínimo requerida de cumplimiento.

En lo referente a la densidad demográfica baja o área rural la regulación establece que el tiempo máximo para la reconexión del servicio suspendido por falta de pago es de 24 horas para el índice individual y el porcentaje de cumplimiento es del 95% para el índice global, la información estadística se presentan a continuación datos:

Tabla 1.22: Datos restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago área rural año 2009 [3]

AÑO	MES	TOTAL RECONEXIONES	TOTAL DE HORAS	VALOR DEL INDICE	CUMPLE SUBETAPA 1	CUMPLE SUBETAPA 2	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2
2009	Ene	147	5.290	35,99	70	110	75%
2009	Feb	181	4.694	25,93	48	149	82%
2009	Mar	218	9.159	42,01	42	116	53%
2009	Abr	149	4.512	30,28	44	113	76%
2009	May	149	4.512	30,28	44	113	76%
2009	Jun	8	97	12,08	12	7	88%
2009	Jul	149	4512	30,28	44	113	76%
2009	Ago	151	5.218	34,56	35	106	70%
2009	Sept	96	1.636	17,05	33	87	91%
2009	Oct	214	4.764	22,26	59	184	86%
2009	Nov	221	6.037	27,32	27	176	80%
2009	Dic	105	3.710	35,33	71	82	78%

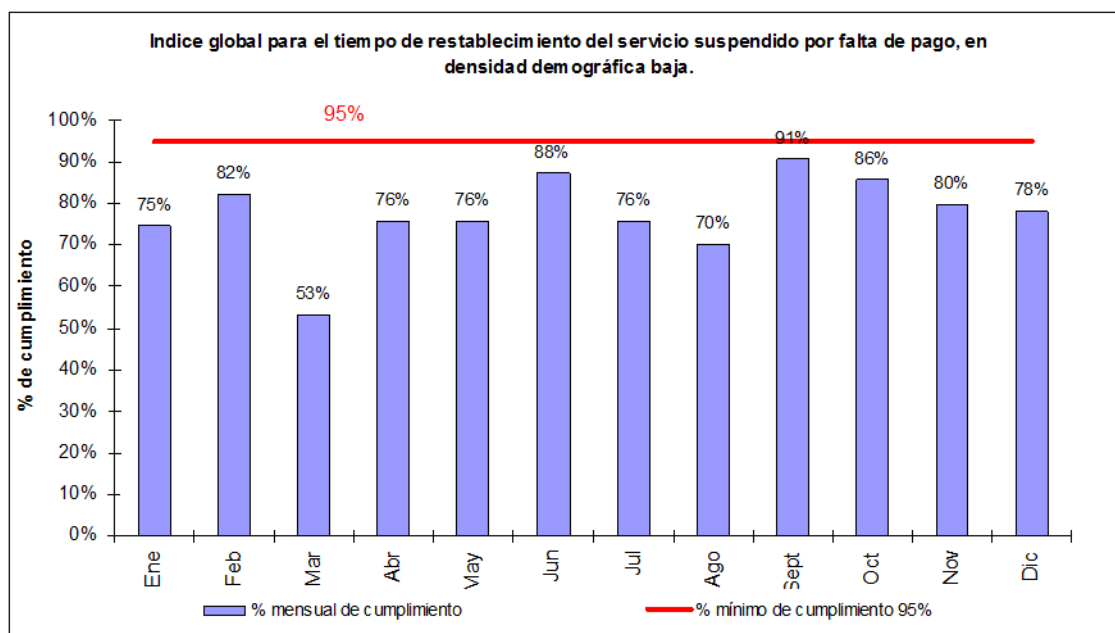
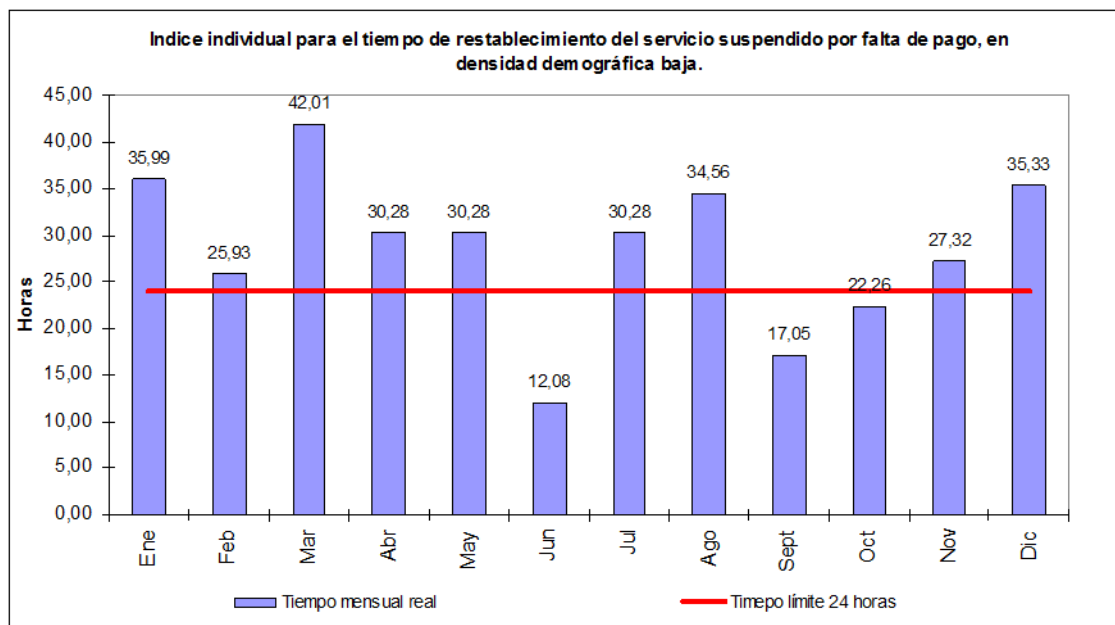


Gráfico 1.6: Índice individual y global del restablecimiento del servicio eléctrico área rural año 2009. [3]

Puede observarse que en lo referente al índice individual que el tiempo promedio para el restablecimiento del servicio no se cumple en nueve meses del año y en cuanto al cumplimiento del índice global en ninguno de los meses de análisis alcanza el porcentaje mínimo de cumplimiento para el área de densidad demográfica baja.

1.3.1.4 Calidad de la Facturación

El porcentaje de errores en la facturación considera las diferentes tarifas, pero para esta evaluación se ha considerado en forma unificada, de acuerdo a la regulación para la etapa de evaluación, este porcentaje no debe ser mayor al 2%, se presenta la información estadística de este indicador.

Tabla 1.23: Datos índice global de la calidad de la facturación año 2009. [3]

AÑO	MES	FACTURAS EMITIDAS	FACTURAS CON ERROR	VALOR DEL INDICE %	% ERROR SUBETAPA 1	% ERROR SUBETAPA 2	% MAXIMO REFACTURACIONES
2009	Ene	166.323	276	0,166%	4%	2%	2%
2009	Feb	166.946	281	0,168%	4%	2%	2%
2009	Mar	167.393	283	0,169%	4%	2%	2%
2009	Abr	168.092	57	0,034%	4%	2%	2%
2009	May	168.681	347	0,206%	4%	2%	2%
2009	Jun	169.444	166	0,098%	4%	2%	2%
2009	Jul	170.000	231	0,136%	4%	2%	2%
2009	Ago	170.935	372	0,218%	4%	2%	2%
2009	Sept	171.804	331	0,193%	4%	2%	2%
2009	Oct	172.041	440	0,256%	4%	2%	2%
2009	Nov	172.766	303	0,175%	4%	2%	2%
2009	Dic	174.540	317	0,182%	4%	2%	2%

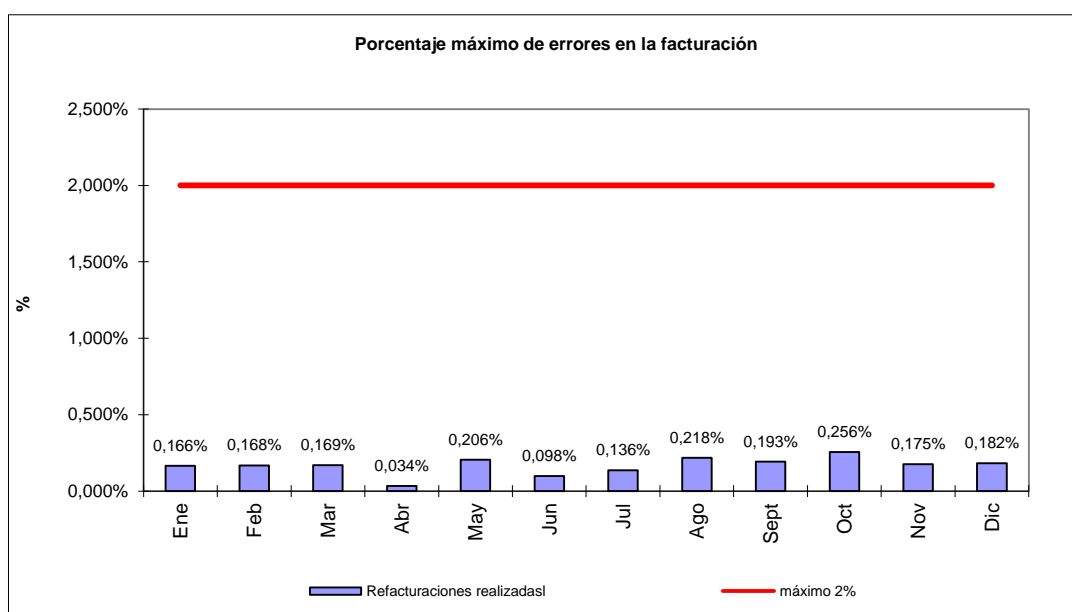


Gráfico 1.7: Índice global de la calidad de la facturación año 2009. [3]

Se observa que en este indicador existe el cumplimiento del porcentaje máximo de errores que se puedan presentar en la facturación.

1.4 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS ÍNDICES POR PARTE DE CENTROSUR

Con la información estadística de los principales índices comerciales de la CENTROSUR, se observa que existe un incumplimiento, por lo que se detallará

los índices que se encuentran es este estado y de que modo la distribuidora será penalizada, de conformidad a lo establecido por el contrato de concesión.

El contrato de concesión del servicio público de distribución de energía eléctrica, prevé un régimen de penalizaciones en los casos en que las concesionarias superen los límites establecidos de Calidad del Servicio. En la actualidad no se realizan estas penalizaciones a las distribuidoras, ya que la regulación de calidad establece que se considere la subetapa de aplicación 1, correspondiente al período de aplicación de los índices establecidos por el Regulador CONELEC. Sin embargo este análisis considera la vigencia la subetapa de aplicación 2, en donde se penaliza al distribuidor por el incumplimiento en los índices de calidad en la prestación del servicio, acorde a lo establecido en el contrato de concesión entre el regulador CONELEC y el distribuidor CENTROSUR, cuyas sanciones para esta cláusula del contrato establece “una multa de hasta mil Unidades de Valor Constante (UVC), por cada ocasión en que se incurra en dicha infracción”.¹⁶

Debido a que el contrato de concesión se firmó cuando el Ecuador tenía como moneda el sucre y al pasar a la dolarización, mediante la codificación de la “Ley de mercado de valores” del 22 de febrero del 2006, la Comisión de Legislación y Codificación, codificó las disposiciones de esta Ley, resaltando lo siguiente: “las referencias de UVC's, se remplazan por dólares, en atención a lo dispuesto en el Art. 12 de la Ley para la Transformación Económica del Ecuador, que establece que en todas las normas vigentes, en que se haga mención a UVC's se entenderá que cada UVC, tendrá un valor fijo e invariable de dos coma seis dos ocho nueve (2,6289) dólares de los Estados Unidos de América”.¹⁷

¹⁶Concejo Nacional de Electricidad, Empresa Eléctrica Regional Centros Sur C.A, “**Contrato de Concesión**”, cláusula trigésimo segunda: Infracciones y Sanciones, Notaría novena del Cantón Cuenca, 30 de julio de 1999, Cuenca – Ecuador. Ver bibliografía [1]

¹⁷H. Congreso Nacional, Comisión de legislación y codificación, “Ley de mercado de valores, codificación”, Codificación 2006-001, Codificación 1, Registro Oficial No. 215 de 22 de Febrero del 2006, Quito – Ecuador. Ver bibliografía [8]

1.4.1 Costos de la Distribuidora por penalizaciones

1.4.1.1 Conexión del servicio eléctrico sin modificación de red

Se presenta las siguientes tablas considerando que se aplicará el máximo valor de multa por incumplimiento mensual, en los índices individuales y globales, sin y con modificación de red según sea el caso.

Tabla 1.24: Multa por conexión de servicio sin modificación de red, área urbana y rural

Penalización por conexión del servicio eléctrico sin modificación de red área urbana año 2009

MULTA = 1000 UVC

UVC= \$ 2,6289

AÑO	MES	VALOR DEL INDICE (DIAS)	TIEMPO MAXIMO A CUMPLIR (DIAS)	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2	% MINIMO A CUMPLIR	MULTA INDICE INDIVIDUAL \$	MULTA POR INDICE GLOBAL \$
2009	Ene	2,65	4	85%	98%		2628,9
2009	Feb	2,88	4	87%	98%		2628,9
2009	Mar	2,33	4	88%	98%		2628,9
2009	Abr	4,17	4	78%	98%	2628,9	2628,9
2009	May	4,17	4	78%	98%	2628,9	2628,9
2009	Jun	3,64	4	70%	98%		2628,9
2009	Jul	3,95	4	71%	98%		2628,9
2009	Ago	9,58	4	83%	98%	2628,9	2628,9
2009	Sept	2,68	4	83%	98%		2628,9
2009	Oct	5,91	4	42%	98%	2628,9	2628,9
2009	Nov	4,99	4	82%	98%	2628,9	2628,9
2009	Dic	2,89	4	90%	98%		2628,9
SUB TOTAL=						13144,5	31546,8

Penalización por conexión del servicio eléctrico sin modificación de red área rural año 2009

AÑO	MES	VALOR DEL INDICE (DIAS)	TIEMPO MAXIMO A CUMPLIR (DIAS)	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2	% MINIMO A CUMPLIR	MULTA INDICE INDIVIDUAL \$	MULTA POR INDICE GLOBAL \$
2009	Ene	2	7	92%	98%		2628,9
2009	Feb	3	7	91%	98%		2628,9
2009	Mar	1	7	98%	98%		
2009	Abr	3	7	88%	98%		2628,9
2009	May	3	7	88%	98%		2628,9
2009	Jun	3	7	87%	98%		2628,9
2009	Jul	3	7	87%	98%		2628,9
2009	Ago	2	7	95%	98%		2628,9
2009	Sept	3	7	100%	98%		
2009	Oct	6	7	48%	98%		2628,9
2009	Nov	3	7	87%	98%		2628,9
2009	Dic	2	7	98%	98%		
SUB TOTAL=							23660,1
TOTAL=						13144,5	55206,9

2009. [3]

Para el año 2009 se establece una multa por el índice individual tanto para el área urbana y rural por el valor de \$ 13144,5, mientras que de acuerdo al porcentaje de cumplimiento o índice global la multa es por el valor de \$ 55206,9.

1.4.1.2 Conexión del servicio eléctrico con modificación de red

La penalización para la conexión de servicio eléctrico con modificación de red resulta:

Tabla 1.25: Multa por conexión de servicio con modificación de red, área urbana y rural 2009. [3]

Penalización conexión del servicio eléctrico con modificación de red dentro de la franja de servicio de 200m. urbano año 2009				
MULTA =		1000 UVC	UVC= \$	2,6289
AÑO	MES	VALOR DEL INDICE (DIAS)	TIEMPO MAXIMO A CUMPLIR (DIAS)	MULTA INDICE INDIVIDUAL \$
2009	Ene	65,00	10	2628,9
2009	Feb	73,67	10	2628,9
2009	Mar	22,26	10	2628,9
2009	Abr	24,73	10	2628,9
2009	May	24,73	10	2628,9
2009	Jun	12,44	10	2628,9
2009	Jul	13,63	10	2628,9
2009	Ago	15,00	10	2628,9
2009	Sept	21,58	10	2628,9
2009	Oct	13,93	10	2628,9
2009	Nov	8,20	10	
2009	Dic	14,67	10	2628,9
SUB TOTAL=				28917,9

Penalización conexión del servicio eléctrico con modificación de red dentro de la franja de servicio de 200m. rural año 2009				
MULTA =		1000 UVC	UVC= \$	2,6289
AÑO	MES	VALOR DEL INDICE (DIAS)	TIEMPO MAXIMO A CUMPLIR (DIAS)	MULTA INDICE INDIVIDUAL \$
2009	Ene	18,67	15	2628,9
2009	Feb	57,00	15	2628,9
2009	Mar	2,50	15	
2009	Abr	22,00	15	2628,9
2009	May	22,00	15	2628,9
2009	Jun	15,00	15	
2009	Jul	23,00	15	2628,9
2009	Ago	17,00	15	2628,9
2009	Sept	11,80	15	
2009	Oct	6,67	15	
2009	Nov	36,50	15	2628,9
2009	Dic	4,00	15	
SUB TOTAL=				18402,3
TOTAL =				47320,2

La penalización total para el año 2009 es \$ 47320,2, este índice solo considera indicador individual.

Considerando los indicadores de conexión de servicio eléctrico sin y con modificación de redes durante el período de análisis, se obtiene una penalización total por el valor de \$ 115671,6.

1.4.1.3 Restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago

Los costos en los que la distribuidora incurrirán por el incumplimiento en este indicador se presenta en la siguiente tabla, en donde se puede apreciar que existe un incumplimiento total en el área urbana tanto en el indicado individual

como en el global; en el área rural, se puede ver que en la mayoría de los meses del indicador individual existe incumplimiento, no obstante el indicador global, al igual que en el área urbana existe incumplimiento total.

El valor de penalización total por el índice individual es de \$ 55206,9, mientras que el valor por penalización total del indicador global es de \$ 63093,6, llegando a tener por penalización de este indicador el valor de \$ 118300,5 durante este período de análisis.

Tabla 1.26: Multa por restablecimiento de servicio por falta de pago, área urbana y rural 2009. [3]

Tiempo de restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago, área urbana.							
MULTA = 1000 UVC				UVC= \$ 2,6289			
AÑO	MES	VALOR DEL INDICE (HORAS)	TIEMPO MAXIMO A CUMPLIR (HORAS)	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2	% MINIMO A CUMPLIR	MULTA INDICE INDIVIDUAL \$	MULTA POR INDICE GLOBAL \$
2009	Ene	16,81	10	53%	97%	2628,9	2628,9
2009	Feb	16,60	10	55%	97%	2628,9	2628,9
2009	Mar	15,22	10	60%	97%	2628,9	2628,9
2009	Abr	15,03	10	57%	97%	2628,9	2628,9
2009	May	15,03	10	57%	97%	2628,9	2628,9
2009	Jun	12,15	10	57%	97%	2628,9	2628,9
2009	Jul	15,03	10	57%	97%	2628,9	2628,9
2009	Ago	14,47	10	57%	97%	2628,9	2628,9
2009	Sept	13,01	10	63%	97%	2628,9	2628,9
2009	Oct	15,11	10	56%	97%	2628,9	2628,9
2009	Nov	14,72	10	58%	97%	2628,9	2628,9
2009	Dic	15,60	10	52%	97%	2628,9	2628,9
SUB TOTAL=						31546,8	31546,8

Tiempo de restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago, área rural.							
MULTA = 1000 UVC				UVC= \$ 2,6289			
AÑO	MES	VALOR DEL INDICE (HORAS)	TIEMPO MAXIMO A CUMPLIR (HORAS)	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2	% MINIMO A CUMPLIR	MULTA INDICE INDIVIDUAL \$	MULTA POR INDICE GLOBAL \$
2009	Ene	35,99	24	75%	95%	2628,9	2628,9
2009	Feb	25,93	24	82%	95%	2628,9	2628,9
2009	Mar	42,01	24	53%	95%	2628,9	2628,9
2009	Abr	30,28	24	76%	95%	2628,9	2628,9
2009	May	30,28	24	76%	95%	2628,9	2628,9
2009	Jun	12,08	24	88%	95%	2628,9	2628,9
2009	Jul	30,28	24	76%	95%	2628,9	2628,9
2009	Ago	34,56	24	70%	95%	2628,9	2628,9
2009	Sept	17,05	24	91%	95%	2628,9	2628,9
2009	Oct	22,26	24	86%	95%	2628,9	2628,9
2009	Nov	27,32	24	80%	95%	2628,9	2628,9
2009	Dic	35,33	24	78%	95%	2628,9	2628,9
SUB TOTAL=						23660,1	31546,8
TOTAL =						55206,9	63093,6

1.4.1.4 Calidad de la Facturación

De acuerdo a la información estadística obtenida de este indicador, el límite permitido de errores en la facturación es del 2%, en el período de análisis se aprecia que en todos los meses, el porcentaje de errores presentado es menor

al límite, por lo que en este indicador la distribuidora no penaliza con un monto económico.

1.4.2 Costos de la Distribuidora por inversiones para el cumplimiento de los indicadores

El objetivo de determinar los costos que la distribuidora realizó durante el período de análisis en cada uno de estos índices descritos, nos ayuda a determinar las inversiones realizadas para gestionar el cumplimiento de los indicadores acorde a lo establecido en la regulación. A continuación se describen estos costos:

1.4.2.1 La conexión del servicio eléctrico sin modificación de red

La distribuidora CENTROSUR, mediante el Departamento de Servicios al cliente, mantiene un programa de ejecución de las instalaciones de servicio eléctrico que sus clientes solicitan, por lo que dispone de dos frentes operativos para la ejecución de las instalaciones de equipos de medición, el primero que consiste en la contratación de ingenieros en libre ejercicio profesional y personal propio de la distribuidora. De allí que se presenta la inversión que realiza mensualmente durante el período en análisis comparando con los tiempos de atención obtenidos para el cumplimiento de los indicadores, totalizando estos dos frentes ejecutores.

Es imprescindible obtener datos más próximos a la realidad por lo que se considera el flujo de caja mensual que se canceló por concepto de pago de planillas a contratistas, así como el costo de grupos de la distribuidora.

Tabla 1.27: Inversión para la conexión de servicio eléctrico durante el 2009 en oficina Matriz. [3]

MES PAGO	CONTRATISTAS INCLUYE IVA (\$)	SALARIOS GRUPO EMPRESA	COSTO INDIRECTOS GRUPO EMPRESA	GRUPO EMPRESA (\$)	SALARIOS ADMINISTRATIVOS (\$)	TOTAL NUEVOS SERVICIOS MATRIZ (\$)
Ene-09	94.719,80	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	130.455,02
Feb-09	39.526,45	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	75.261,67
Mar-09	54.834,52	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	90.569,74
Abr-09	62.125,07	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	97.860,29
May-09	72.745,78	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	108.480,98
Jun-09	43.102,53	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	78.837,75
Jul-09	70.006,13	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	105.741,35
Ago-09	-	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	35.735,22
Sep-09	32.745,38	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	68.480,61
Oct-09	27.996,58	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	63.731,81
Nov-09	60.609,39	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	96.344,62
Dic-09	54.150,48	13.907,21	2.936,93	16.844,14	18.891,08	89.885,70
	612.562,08	166.886,52	35.243,16	202.129,68	226.692,98	1.041.384,75

1.4.2.2 La conexión del servicio eléctrico con modificación de red

En cuanto se refiere a la inversión en la conexión del servicio eléctrico solicitado por los clientes, es necesario realizar la consideración que el reglamento de aportaciones por los consumidores establece para las extensiones o modificaciones de red; se clasifican en dos grupos que se especifica de la siguiente manera: los clientes que están dentro de un radio de doscientos metros desde el transformador, no cancelan valor alguno por la construcción de la extensión o modificación de red, por lo que el valor en materiales y mano de obra requerido para esta instalación lo realiza íntegramente la distribuidora y aquellos que están fuera de este límite cancelan los clientes el valor total de la modificación de la red de baja tensión.

Considerando estas dos condiciones de aportación se establecerá el valor de inversiones que de este rubro resultó, de acuerdo al reglamento de aportaciones. En lo referente a los clientes que se encuentran fuera del límite especificado en el reglamento se considera solo el valor por mano de obra que la distribuidora invierte en la ejecución de estas obras, puesto que la distribuidora ejecuta estos trabajos mediante la modalidad de contratación de ingenieros profesionales así como el costo de los grupos operativos de su personal destinado para esta actividad.

Tabla 1.28: Inversión para la conexión de servicio eléctrico con modificación de red durante el 2009 en

MES PAGO	CONTRATISTAS INCLUYE IVA (\$)	SALARIOS ADMINISTRATIVOS (\$)	TOTAL NUEVOS SERVICIOS MATRIZ (\$)
Ene-09	8.491,35	7.363,03	15.854,38
Feb-09	9.383,19	7.363,03	16.746,22
Mar-09	7.572,86	7.363,03	14.935,89
Abr-09	13.466,24	7.363,03	20.829,27
May-09	13.353,51	7.363,03	20.716,54
Jun-09	20.616,02	7.363,03	27.979,05
Jul-09	18.361,62	7.363,03	25.724,65
Ago-09	9.300,00	7.363,03	16.663,03
Sep-09	5.484,63	7.363,03	12.847,66
Oct-09	14.138,97	7.363,03	21.502,00
Nov-09	24.456,94	7.363,03	31.819,97
Dic-09	4.860,05	7.363,03	12.223,08
	149.485,38	88.356,38	237.841,76

oficina Matriz. [3]

1.4.2.3 Restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago

En este punto al igual que en los dos anteriores, las inversiones realizadas por el departamento de recaudación y gestión de cartera, se enfocan a la suspensión y restablecimiento del servicio eléctrico por mora de los clientes de la distribuidora, y se ejecuta mediante la contratación y con personal propio; entre las principales actividades que se realizan esta la notificación de valores adeudados, las suspensiones y reconexiones del servicio.

Tabla 1.29: Inversión para gestión de cartera, corte y reconexión durante 2009 en oficina matriz. [3]

MES PAGO	CONTRATISTAS INCLUYE IVA (\$)	SALARIOS GRUPO EMPRESA	COSTO INDIRECTOS GRUPO EMPRESA	GRUPO EMPRESA (\$)	OTROS (\$)	TOTAL GESTIÓN DE CARTERA MATRIZ (\$)
Ene-09	40.801,73	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	62.567,28
Feb-09	43.019,49	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	64.785,04
Mar-09	45.658,55	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	67.424,10
Abr-09	44.523,52	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	66.289,07
May-09	69.839,05	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	91.604,60
Jun-09	-	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	21.765,55
Jul-09	39.537,01	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	61.302,56
Ago-09	27.899,74	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	49.665,29
Sep-09	33.704,76	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	55.470,31
Oct-09	28.600,99	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	50.366,54
Nov-09	37.951,75	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	59.717,30
Dic-09	27.246,68	12.882,40	2.936,93	15.819,33	5.946,22	49.012,23
	438.783,27	154.588,80	35.243,16	189.831,96	71.354,59	699.969,82

1.4.2.4 Calidad de la Facturación

El Departamento de lectura y facturación, es el encargado de realizar mensualmente las lecturas y las correspondientes facturas por el consumo de energía de los clientes de la Distribuidora, para ello es necesario tener presente que se establecen contratos para la toma de lecturas, mientras que la facturación se lo realiza con personal propio. De igual forma que en los puntos anteriores se presentará la información respectiva de las inversiones realizadas para la ejecución de esta actividad.

Tabla 1.30: Inversión para facturación durante 2009 en oficina matriz. [3]

MES PAGO	CONTRATISTAS INCLUYE IVA (\$)	SALARIOS ADMINISTRATM OS (\$)	TOTAL DE FACTURACIÓN MATRIZ (\$)
Ene-09	25.967,89	20.596,85	46.564,75
Feb-09	25.610,03	20.596,85	46.206,89
Mar-09	27.079,30	20.596,85	47.676,15
Abr-09	25.012,60	20.596,85	45.609,45
May-09	26.264,33	20.596,85	46.861,18
Jun-09	26.138,03	20.596,85	46.734,89
Jul-09	26.322,20	20.596,85	46.919,05
Agg-09	23.530,28	20.596,85	44.127,13
Sep-09	23.982,94	20.596,85	44.579,79
Oct-09	23.039,90	20.596,85	43.636,75
Nov-09	24.397,88	20.596,85	44.994,73
Dic-09	24.039,52	20.596,85	44.636,38
	301.375,41	247.162,24	548.537,65

CAPITULO II: ANALISIS MULTIVARIABLE Y CORRELACIONAMIENTO DE VARIABLES INVOLUCRADAS.

ENFOQUE

Para proyectar y poder ejecutar la optimización de calidad versus inversiones que se pretende es necesario considerar que la calidad de servicio comercial dependerá de cuatro índices de calidad comercial más relevantes y representativos, siendo el aporte de cada índice equitativo, es decir una contribución del 25% para determinar la calidad global. Estos cuatro índices son: Conexión de servicio eléctrico sin modificación de red área urbana y rural, Conexión de servicio eléctrico con modificación de red área urbana y rural, Restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago área urbana y rural y Calidad de la facturación.

También se plantea las variables independientes que están directamente involucradas con la contribución de calidad de cada índice mencionado, esto involucra tiempos y porcentajes de cumplimiento, penalizaciones e inversión enfocados sobre la Subetapa 2 de aplicación.

Por otra parte, se estudia el método de análisis multivariable, tipos de variables y las diversas técnicas que se emplean para disminuir la incertidumbre que se instala cuando existen múltiples variables sobre determinado proceso o actividad empresarial.

*Dependiendo del tipo de variables y el entorno de aplicación se debe escoger el método adecuado que se ajuste a la realidad del problema, de esta manera se utilizará la técnica multivariable de Regresión Múltiple para resolver el efecto simultáneo de dos o más variables independientes sobre una variable dependiente. Del análisis realizado, se determinó que los tipos de variables que intervienen en la calidad del servicio comercial, son métricas e independientes, condiciones necesarias para resolver mediante el método de **regresión múltiple**, ya que la calidad (variable dependiente), responde a dos o más variables independientes.*



La aplicación y desarrollo del método mediante la Regresión Múltiple se realiza para los cuatro indicadores planeados con lo cual se quiere establecer la incidencia de las variables con respecto a la calidad de la distribuidora para obtener las ecuaciones del comportamiento del aporte de cada indicador, obteniendo así cuatro ecuaciones, las cuales se sumarán para determinar la influencia en la calidad global.

2.1 VARIABLES QUE ESTÁN INVOLUCRADAS EN LA CALIDAD DEL SERVICIO COMERCIAL

Como se determinó anteriormente para el análisis se utilizarán solamente cuatro indicadores, la metodología propuesta asume que la calidad total del servicio comercial está determinada por los cuatro índices escogidos, asumiendo que cada uno aporta con el 25% a la calidad total. Aclarando que esta consideración del porcentaje de aporte a la calidad global se establece de acuerdo a las políticas que la administración considere adecuada, así estos aportes pueden variar y tener mayor o menor porcentaje de participación en la calidad del servicio comercial en otras empresas distribuidoras.

Cada uno de los cuatro índices seleccionados tiene numerosas variables propias que cumplen funciones puntuales para el cálculo y medición de cada indicador. Cada variable es independiente y desempeñan un rol establecido en la medición del índice, principalmente son de tipo económico, temporal y porcentaje.

Para fines de análisis es necesario conocer todas las variables que se involucran en la medición de la calidad de servicio comercial, por lo que a continuación se describen en función de cada índice.

2.1.1 Variables del índice que mide la conexión de servicio eléctrico sin modificación de red área urbana y rural

Las variables involucradas están relacionadas de acuerdo con el área geográfica, por lo que se tienen, el tiempo de instalación de las solicitudes de nuevo servicio, en el área urbana, se ha definido como x_1 para el área urbana y para el área rural como x_2 , si bien es cierto estas dos variables miden el tiempo en que se demora la instalación del servicio eléctrico, se establecen dos variables, en vista de que para cada área geográfica los tiempos de cumplimiento son diferentes, la unidad de estas dos variables es medida en días y el período de medición es mensual.

Otras variables que se tienen en este indicador, son el porcentaje de cumplimiento de las instalaciones dentro del tiempo límite, es decir el porcentaje mínimo de instalaciones del servicio eléctrico que deben ser

realizadas dentro del límite de tiempo de acuerdo al área geográfica, la unidad de medida de estas dos variables, para el área urbana x_3 y para el área rural x_4 se establece en porcentajes y son diferentes de acuerdo al área geográfica, el período de medición se establece en forma mensual.

La penalización individual por el incumplimiento en el tiempo de instalación en estas dos áreas geográficas, define otra variable x_{i5} y es aquella que describe el monto económico que la distribuidora es penalizada por el incumplimiento en el tiempo de instalación, considerando las dos áreas geográficas, es decir esta variable asocia el monto a penalizar si existe el incumplimiento en el tiempo en el área urbana sumado el monto a penalizar que resultare al existir el incumplimiento en el área rural, esta variable es medida en USD (dólares de los Estados Unidos de América) y es establecida mensualmente.

Otra variable x_{g5} , es la penalización por el incumplimiento en el porcentaje de instalaciones que estén dentro de los tiempos límites establecidos, representa el monto en que la distribuidora es penalizada si no llegare a cumplir con el porcentaje mínimo requerido del total de conexiones de servicios ejecutados en el período de un mes, dando como resultado el monto total a penalizar considerando la suma de la penalización que pudiera resultar en ambas áreas geográficas, su unidad de medida es en USD (dólares de los Estados Unidos de América).

La variable x_5 es el resultado de la suma de las dos variables $x_{i5} + x_{g5}$ lo cual representa la penalización máxima sobre este índice.

Las inversiones realizadas para dar cumplimiento con este indicador x_6 , representa otra variable, la cual involucra las gestiones realizadas para ambas áreas geográficas en conjunto, ya que de acuerdo con el proceso administrativo de la CENTROSUR así lo establece, sin embargo debe tomarse en cuenta esta particularidad de esta distribuidora, pues dicha variable podría dividirse en dos, una para cada área, en función de las gestiones administrativas de cada distribuidora, para este caso se a englobado en una sola.

Como se indicó en el numeral 2.1 los cuatro indicadores aportan a la calidad global del servicio comercial con el 25% cada uno, de acuerdo a las consideraciones ya explicadas, por lo que para determinar el aporte a la calidad del servicio comercial de este indicador, se estableció las siguientes consideraciones:

- ❖ Al tener dos áreas geográficas la calidad se divide en porcentajes similares es decir 50% para el área urbana y área rural.
- ❖ En cada área existen dos metas, la del cumplimiento del tiempo de instalación y del porcentaje mínimo requerido, por lo que a cada meta se le consideró que el cumplimiento a la calidad de este indicador sea del 50% de cada área.

Con las consideraciones señaladas se puede decir que el cumplimiento de cada meta en las dos áreas geográficas x1, x2, x3 y x4, aportan con el 25% cada una a la calidad de este indicador y este a su vez representa el 25% a la calidad global de la distribuidora.

Es menester resaltar que las ponderaciones que sufren las variables dependen de las políticas de las distribuidoras, pues al existir áreas geográficas diferentes, la cantidad de instalaciones de conexión del servicio eléctrico, pueden ser mayoritarias en el área urbana que en la rural, por lo que los porcentajes podrían variar. Para el caso de la CENTROSUR se consideró en porcentajes similares, por lo que se presentará el aporte a la calidad de este

Tabla 2.1: Aporte a la calidad global de la distribuidora del indicador de conexión del servicio eléctrico sin modificación de red en el área urbana y rural (año 2009). [3]

indicador, referido a la calidad global de la distribuidora.

MES	CSESMRU				CSESMRR				PENALIZACIONES			INVERSIÓN TOTAL "x6"	100,00%
	VALOR DEL INDICE "x1"	TIEMPO A CUMPLIR	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x3"	% A CUMPLIR	VALOR DEL INDICE "x2"	TIEMPO A CUMPLIR	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x4"	% A CUMPLIR	MULTA INDICE INDIVIDUAL \$ "x15"	MULTA POR INDICE GLOBAL \$ "xg5"	TOTAL "x5"		
Ene	2,65	4	85%	98%	2,49	7	92%	98%		5257,80	5257,80	130.455,02	23,78%
Feb	2,88	4	87%	98%	2,89	7	91%	98%		5257,80	5257,8	75.261,67	23,82%
Mar	2,33	4	88%	98%	1,31	7	98%	98%		2628,90	2628,9	90.569,74	24,38%
Abr	4,17	4	78%	98%	2,75	7	88%	98%	2628,90	5257,80	7886,7	97.860,29	22,81%
May	4,17	4	78%	98%	2,75	7	88%	98%	2628,90	5257,80	7886,7	108.480,98	22,81%
Jun	3,64	4	70%	98%	3,20	7	87%	98%		5257,80	5257,8	78.837,75	22,51%
Jul	3,95	4	71%	98%	2,95	7	87%	98%		5257,80	5257,8	105.741,35	22,57%
Ago	9,58	4	83%	98%	1,91	7	95%	98%	2628,90	5257,80	7886,7	35.735,22	20,21%
Sept	2,68	4	83%	98%	2,79	7	100%	98%		2628,90	2628,9	68.480,61	24,06%
Oct	5,91	4	42%	98%	5,65	7	48%	98%	2628,90	5257,80	7886,7	63.731,81	16,26%
Nov	4,99	4	82%	98%	2,76	7	87%	98%	2628,90	5257,80	7886,7	96.344,62	22,07%
Dic	2,89	4	90%	98%	2,13	7	98%	98%		2628,90	2628,9	89.885,70	24,47%

En la tabla que antecede se puede observar el aporte a la calidad de este indicador, además contiene las variables citadas anteriormente, es decir las variables que representan la conexión del servicio eléctrico sin modificación de red en el área urbana (CSESMRU), así como en el área rural (CSESMRR), contienen también las penalizaciones por los incumplimientos y las inversiones realizadas.

2.1.2 Variables del índice que mide la conexión de servicio eléctrico con modificación de red área urbana y rural

Este indicador aporta de igual forma que el anterior con un 25% a la calidad global de la CENTROSUR, y las variables que se encuentran involucradas, se definen de la siguiente manera. La regulación establece que la distribuidora deberá cumplir con un tiempo límite considerando dos áreas, la urbana y la rural, por lo que se representa con la variable $x7$ al tiempo de conexión del servicio eléctrico con modificación de red en el área urbana dentro de la franja de servicio de 200m. ($CSECMRU < 200$) y con la variable $x8$ el tiempo correspondiente al área rural ($CSECMRR < 200$), estas dos variables se miden en días, con periodicidad mensual, cuyos tiempos límites son diferentes de acuerdo al área geográfica.

Existen otras dos variables, las cuales están asociadas al tiempo de cumplimiento de las conexiones citadas anteriormente, las cuales corresponden a las penalizaciones que la distribuidora está sujeta al incumplir con los tiempos establecidos, se han definido dos variables $xi9$ que representa la penalización por el incumplimiento en el tiempo en el área urbana (relacionada con $x7$) y $xg9$ variable que representa la penalización en el área rural (relacionada con $x8$), la unidad de ambas variables está definida en USD (dólares de los Estados Unidos de América). Por lo cual la variable $x9$ será la suma de $xi9 + xg9$ esto representa la máxima penalización sobre este índice.

Por último existe la variable de las inversiones realizadas para el cumplimiento de este indicador y es $x10$, la cual representa las inversiones correspondientes para la construcción o modificaciones de las redes de distribución en ambos

sitios geográficos. Considerando las variables indicadas se determinó el porcentaje de participación de estas en el aporte a la calidad de este indicador, por lo tanto las variables que miden el tiempo x_7 y x_8 son las que aportan con el 50% cada una y como se indicó anteriormente este indicador al igual que los demás aporta a la calidad global del distribuidor con el 25%, por lo que se presenta la siguiente tabla donde se indica como se encuentra la calidad en este índice.

Tabla 2.2: Aporte a la calidad global de la distribuidora del indicador de conexión del servicio eléctrico con modificación de red en el área urbana y rural (año 2009). [3]

MES	CSECMRU<200m		CSECMRR<200m		PENALIZACIONES			INVERSION	100,00%
	VALOR DEL INDICE "x7"	TIEMPO A CUMPLIR	VALOR DEL INDICE "x8"	TIEMPO A CUMPLIR	MULTA INDICE INDIVIDUAL URBANO <200m "xi9"	MULTA POR INDICE INDIVIDUAL RURAL <200m "xg9"	MULTA TOTAL "x9"	INVERSION TOTAL "x10"	%CALIDAD "y2"
Ene	65,00	10	18,67	15	2628,90	2628,90	5257,80	15.854,38	11,97%
Feb	73,67	10	57,00	15	2628,90	2628,90	5257,80	16.746,22	4,99%
Mar	22,26	10	2,50	15	2628,90		2628,90	14.935,89	18,11%
Abr	24,73	10	22,00	15	2628,90	2628,90	5257,80	20.829,27	13,58%
May	24,73	10	22,00	15	2628,90	2628,90	5257,80	20.716,54	13,58%
Jun	12,44	10	15,00	15	2628,90		2628,90	27.979,05	22,54%
Jul	13,63	10	23,00	15	2628,90	2628,90	5257,80	25.724,65	17,33%
Ago	15,00	10	17,00	15	2628,90	2628,90	5257,80	16.663,03	19,36%
Sept	21,58	10	11,80	15	2628,90		2628,90	12.847,66	18,29%
Oct	13,93	10	6,67	15	2628,90		2628,90	21.502,00	21,47%
Nov	8,20	10	36,50	15		2628,90	2628,90	31.819,97	17,64%
Dic	14,67	10	4,00	15	2628,90		2628,90	12.223,08	21,02%

2.1.3 Variables del índice que mide el tiempo de restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago área urbana y rural

Las variables involucradas en este indicador se definen de acuerdo con la regulación, teniendo indicadores para el área urbana y rural, por lo que llamaremos a x_{11} como la variable que representa al tiempo de restablecimiento del servicio en el área urbana y x_{12} a la variable con respecto al área rural, ambas variables se miden en horas en el período de un mes.

A las variables que miden el porcentaje de cumplimiento de rehabilitaciones de servicio suspendido por falta de pago dentro de los tiempos límites en el área urbana se la representa con x_{13} y para el área rural con x_{14} , estas variables se las expresa en porcentaje dentro del período de un mes.

A las penalizaciones por incumplimiento se las identifico con las variables $xi15$ y $xg15$, en donde la primera representa la sumatoria de la penalización por el incumplimiento del tiempo en el área urbana más la penalización por el incumplimiento en el área rural, y la segunda representa la penalización por el incumplimiento en el porcentaje mínimo del área urbana sumada a la penalización resultante del área rural, la unidad de ambas variables es en USD (dólares de los Estados Unidos de América), las cuales se aplican a los resultados mensuales de este indicador.

La suma de las variables $xi15 + gx15$ resulta la máxima penalización sobre este índice y se representa con $x15$.

Otra de las variables consideradas para este indicador es $x16$, la cual representa las inversiones para el cumplimiento del indicador, variable expresada en USD, que se ha establecido en forma mensual.

Al igual que los indicadores anteriores para determinar el aporte de las variables a la calidad de este indicador, se consideran que al existir dos áreas geográficas, urbana y rural, el aporte de esta variables a la calidad de este indicador, representan el 50% y como existen dos variables por cada área, cada una aporta con el 25%, es decir las variables $x11$, $x12$, $x13$ y $x14$ aportan con el 25% a la calidad de este indicador y este indicador aporta a la calidad global del distribuidor en el mismo porcentaje, de acuerdo a las consideraciones indicadas anteriormente, a continuación se presenta la evaluación de la calidad de este indicador, ponderada a la proporción de la calidad global del distribuidor.

Tabla 2.3: Aporte a la calidad global de la distribuidora del indicador del restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago en el área urbana y rural (año 2009). [3]

MES	TRSFPU				TRSFPR				PENALIZACIONES			INVERSION	100,00%
	VALOR DEL INDICE "x11"	TIEMPO A CUMPLIR	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x13"	% A CUMPLIR	VALOR DEL INDICE "x12"	TIEMPO A CUMPLIR	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x14"	% A CUMPLIR	MULTA INDICE INDIVIDUAL \$ "xi15"	MULTA INDICE GLOBAL \$ "xg15"	MULTA TOTAL "x15"	INVERSION TOTAL "x16"	%CALIDAD "y3"
Ene	16,81	10	53%	97%	35,99	24	75%	95%	5257,80	5257,80	10516	62.567,28	16,23%
Feb	16,60	10	55%	97%	25,93	24	82%	95%	5257,80	5257,80	10516	64.785,04	18,54%
Mar	15,22	10	60%	97%	42,01	24	53%	95%	5257,80	5257,80	10516	67.424,10	15,07%
Abr	15,03	10	57%	97%	30,28	24	76%	95%	5257,80	5257,80	10516	66.289,07	17,80%
May	15,03	10	57%	97%	30,28	24	76%	95%	5257,80	5257,80	10516	91.604,60	17,80%
Jun	12,15	10	57%	97%	12,08	24	88%	95%	2628,90	5257,80	7886,7	21.765,55	20,83%
Jul	15,03	10	57%	97%	30,28	24	76%	95%	5257,80	5257,80	10516	61.302,56	17,80%
Ago	14,47	10	57%	97%	34,56	24	70%	95%	5257,80	5257,80	10516	49.665,29	16,98%
Sept	13,01	10	63%	97%	17,05	24	91%	95%	2628,90	5257,80	7886,7	55.470,31	21,10%
Oct	15,11	10	56%	97%	22,26	24	86%	95%	2628,90	5257,80	7886,7	50.366,54	19,68%
Nov	14,72	10	58%	97%	27,32	24	80%	95%	5257,80	5257,80	10516	59.717,30	18,71%
Dic	15,60	10	52%	97%	35,33	24	78%	95%	5257,80	5257,80	10516	49.012,23	16,76%

En donde el tiempo de restablecimiento del servicio suspendido en el área urbana y cumplimiento del porcentaje (TRSFPU), así como en el sector rural (TRSFPR) sus resultados mensuales se expresan en las columnas respectivas de la tabla anterior.

2.1.4 Variables del índice que mide la calidad de la facturación

Para este indicador, la calidad de la facturación se mide de acuerdo con el porcentaje de facturas que tienen modificaciones en la facturación con respecto al total del número de facturas emitidas, por lo que a este porcentaje de error se designó la variable x17, la cual esta expresada en porcentaje y es medida en períodos mensuales.

Si se diera el incumplimiento en el porcentaje máximo admitido de planillas, establecidas por la regulación, se realiza la penalización, la variable que representa la penalización se la denominó como x18, variable medida en USD y en períodos mensuales.

En cuanto a las inversiones realizadas para dar cumplimiento a este indicador, se asignó a la variable x19, al igual que la variable anterior se expresa en la misma unidad. El porcentaje de participación de las variables involucradas en este indicador, al igual que en los otros índices, tiene un aporte a la calidad, se acota que existe solo una única variable que mide la calidad de la facturación y es el porcentaje de errores en la facturación obtenido mensualmente x17, cuyo

aporte a la calidad de este indicador es del 100%, por lo tanto, en la siguiente tabla se expresa de acuerdo a la ponderación a la calidad global del distribuidor su aporte correspondiente.

Tabla 2.1: Aporte a la calidad global de la distribuidora del indicador de la calidad de la facturación (año 2009). [3]

MES	ERROR EN FACTURACION		PENALIZACIONES	INVERSION	100,00%
	VALOR DEL INDICE "x17"	PORCENTAJE A CUMPLIR	MULTA INDICE INDIVIDUAL \$ "x18"	INVERSION TOTAL "x19"	%CALIDAD "y4"
Ene	0,166%	2,00%		46.554,75	25,00%
Feb	0,168%	2,00%		46.206,89	25,00%
Mar	0,169%	2,00%		47.676,16	25,00%
Abr	0,034%	2,00%		45.609,45	25,00%
May	0,206%	2,00%		46.861,68	25,00%
Jun	0,098%	2,00%		46.734,89	25,00%
Jul	0,136%	2,00%		46.919,05	25,00%
Ago	0,218%	2,00%		44.127,13	25,00%
Sept	0,193%	2,00%		44.579,79	25,00%
Oct	0,256%	2,00%		43.636,75	25,00%
Nov	0,175%	2,00%		44.994,73	25,00%
Dic	0,182%	2,00%		44.636,38	25,00%

Estas son las variables que influyen en la calidad del servicio comercial, las cuales están en los indicadores considerados, como se puede apreciar en cada tabla en donde se indicó el aporte de la calidad de cada indicador a la calidad global de la distribuidora, se expresó en porcentaje ponderado, los cuatro indicadores al 25%, por lo que los resultados de calidad de estos indicadores, se refirió a este porcentaje. Para determinar este porcentaje se realizó el análisis del cumplimiento o incumplimiento de las variables de los indicadores con respecto a las metas fijadas en la Regulación, es decir si una variable cumple con la meta del indicador, se asigna el porcentaje total de la calidad, sin embargo, si una variable incumple la meta, la calidad obtenida se expresa con relación a la desviación de la variable respecto a la meta, desviación que puede ser directa o inversamente proporcional en función de cada indicador.

2.1.5 Indicador global de la calidad del servicio comercial

En los puntos anteriores se obtuvo los aportes de cada indicador a la calidad global de la CENTROSUR durante el año 2009, por lo que la calidad global de la distribuidora está definida por cada una de las variables involucradas, penalizaciones realizadas por los incumplimientos e inversiones realizadas durante el período de análisis, por lo que en la siguiente tabla se presenta como se encuentra la calidad global de la CENTROSUR con respecto a estos

Tabla 2.4: Calidad del servicio comercial de la CENTROSUR en el año 2009. [3]

AÑO	MES	100% CALIDAD GLOBAL
2009	Ene	76,98%
2009	Feb	72,34%
2009	Mar	82,56%
2009	Abr	79,18%
2009	May	79,18%
2009	Jun	90,88%
2009	Jul	82,70%
2009	Ago	81,55%
2009	Sept	88,45%
2009	Oct	82,41%
2009	Nov	83,42%
2009	Dic	87,25%

indicadores analizados.

Determinado las variables involucradas en la calidad del servicio comercial, se debe analizar las mismas para determinar la relación existente entre ellas, para ello se examinarán mediante la metodología del análisis multivariable.

2.2 METODOS DE ANALISIS MULTIVARIABLE MAS UTILIZADOS

2.2.1 Introducción

El análisis multivariable es un conjunto de técnicas estadísticas, cuya finalidad es obtener información objetiva, que permita disminuir la incertidumbre presente por el conjunto de variables, las cuales pueden estar en gran número, representando cierta actividad de una determinada empresa, en donde interactúan un gran número de factores que influyen en los resultados finales, permitiendo estudiar los factores influyentes de una manera simultánea.

El análisis multivariable permite combinar todas las variables permitiendo eliminar información redundante, obteniendo una nueva variable, la cual representa un concepto abstracto y medible, pudiendo aplicarse en la reducción de datos, permitiendo una interpretación fácil del fenómeno investigado, para clasificar y agrupar información, analizar relaciones de dependencia y en la construcción de modelos.

2.2.2 Tipos de variables

Las variables se clasifican en dos grandes grupos, métricas o cuantitativas y no métricas o cualitativas, sin embargo estas pueden clasificarse por los valores que pueden adoptar, teniendo variable continuas, discretas, dicotómicas o binarias y variables ficticias. El análisis estadístico utiliza las siguientes escalas de medida que pueden tomar las variables: nominal, ordinal, intervalo y ratio o de proporción, de allí que partiendo de los dos grandes grupos de variables, se puede determinar la relación entre las variables y las escalas de medida de la siguiente manera: Las variables no métricas son medidas en escala nominal u ordinal, las variables métricas utilizan las escalas de intervalo o de razón y las variables binarias utiliza la escala de razón.

2.2.3 Clasificación de las técnicas multivariantes

Las diferentes clasificaciones de métodos multivariantes no solo difieren por los resultados obtenidos sino que existen diferencias en la tabulación, en la forma de codificar y en el trabajo con las variables, ya que estas pueden ser nominales, ordinales y métricas. [5]

Estas técnicas se diferencian en dos grupos: métodos descriptivos o de interdependencia y tratan de dar significado a un conjunto de variables o tratan de agrupar las cosas y los métodos explicativos o de dependencia que proyectan las variables dependientes en base a las independientes, esta clasificación se puede resumir en el siguiente esquema.

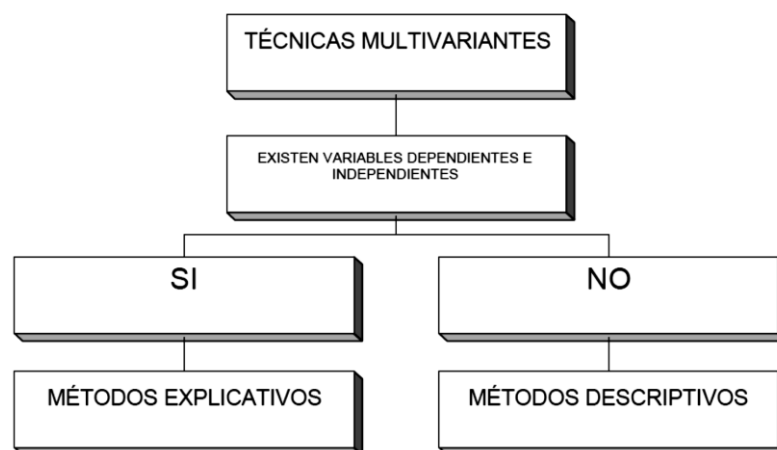


Gráfico 2.1: Clasificación de técnicas multivariantes. [11]

A continuación se presenta un detalle de las técnicas multivariantes a desarrollar de acuerdo con el tipo de variable:

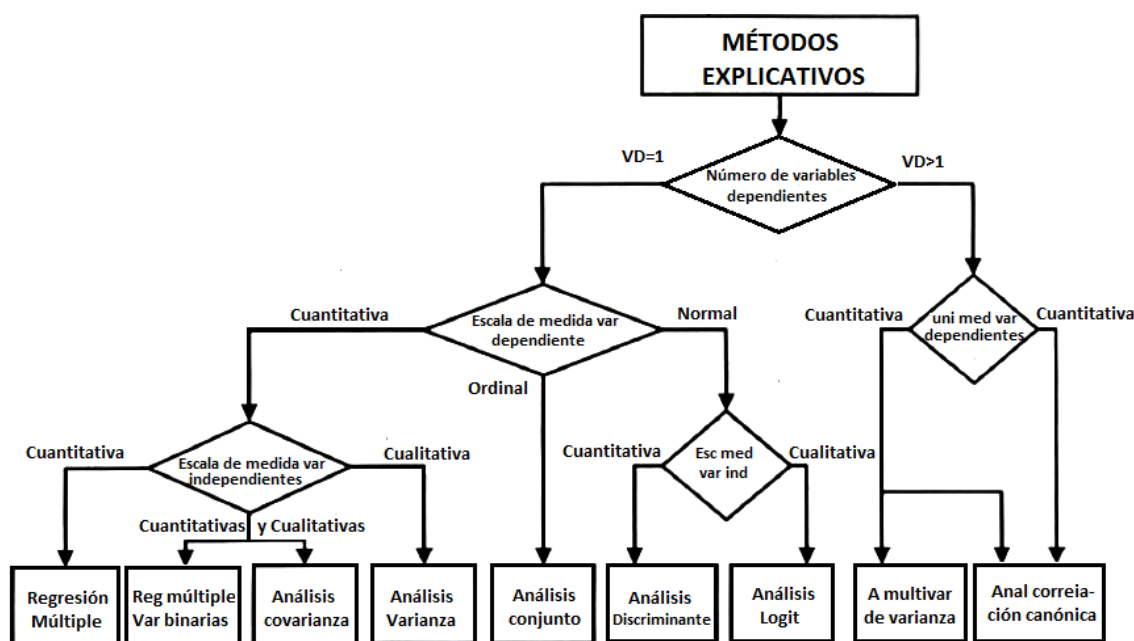


Gráfico 2.2: Clasificación de los métodos explicativos según el tipo de variable. [11]

El objetivo de los métodos explicativos, es encontrar la relación existente entre las variables dependientes e independientes. Entre las técnicas más habituales están la regresión, el análisis de la varianza, segmentación jerárquica, análisis discriminante, regresión logística, correlaciones canónicas, análisis de ecuaciones estructurales.

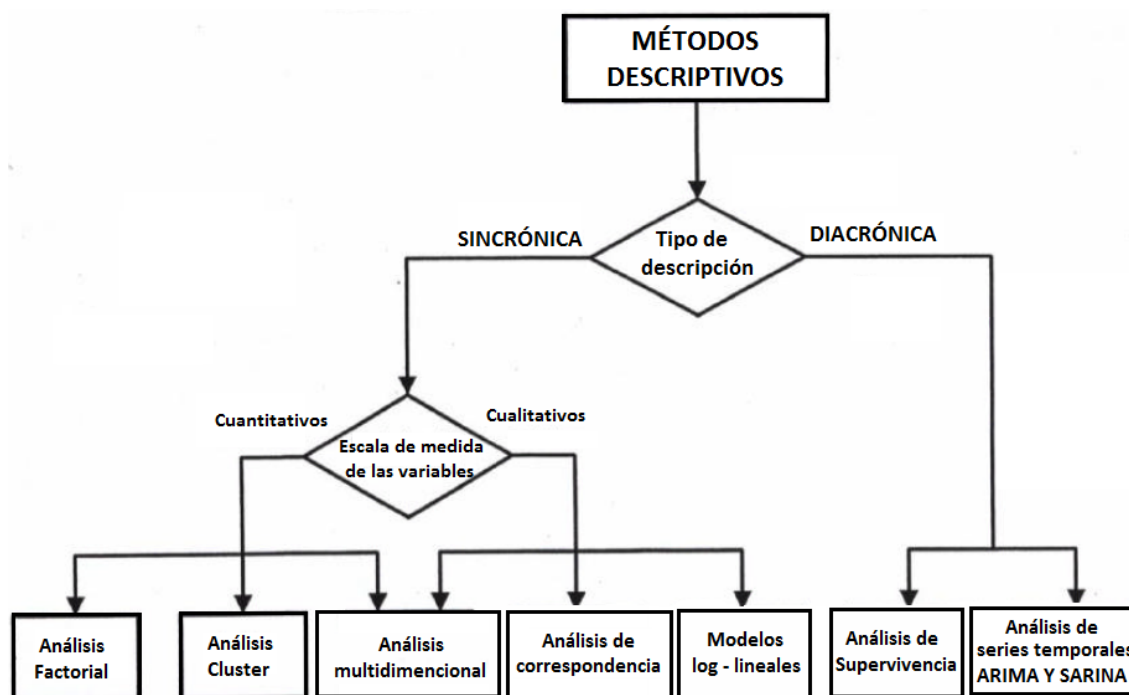


Gráfico 2.3: Clasificación de los métodos descriptivos según el tipo de variable. [11]

2.2.4 Descripción de las técnicas multivariantes

A continuación se realiza una breve descripción de las técnicas multivariantes más utilizadas:

2.2.4.1 Regresión Múltiple

Esta técnica consiste en plantear una relación entre varias variables independientes (explicativas) y otra variable dependiente que se obtiene como respuesta. Esta técnica se emplea frecuentemente en trabajos de investigación en donde se predicen respuestas a partir de las variables explicativas.

El modelo matemático es el siguiente:

$$y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_kX_k + u \quad (10)$$

Donde Y es la variable dependiente, X son las variables explicativas, β son los coeficientes que se calcula mediante software y μ representa el error.

2.2.4.2 Análisis de la Varianza

Se emplea cuando se disponen más de dos muestras o grupos y se quiere verificar las diferencias. El análisis de la varianza parte de la regresión lineal donde la varianza esta particionada en ciertos componentes de variables explicativas.

Es una gran herramienta estadística para efectuar análisis sobre diversos ámbitos, ya sea en la industria, control de procesos, métodos analíticos.

2.2.4.3 Análisis Discriminante

Cuando un conjunto de objetos está clasificado en diferentes grupos, el análisis de discriminante se puede realizar como una técnica de regresión para categorizar la variable dependiente Y en cada grupo y las variables independientes son continuas y determinan a que grupos pertenecen los objetos. En otras palabras, se comparan y detallan las X variables clasificadoras a través de los diferentes grupos.

A partir de q grupos donde se asignan a una serie de objetos y de p variables medidas sobre ellos (x_1, \dots, x_p), se trata de obtener para cada objeto una serie de puntuaciones que indican el grupo al que pertenecen (y_1, \dots, y_m), de modo que sean funciones lineales de x_1, \dots, x_p .

$$y_1 = a_{11}x_1 + \dots + a_{1p}x_p + a_{10}$$

.....

$$y_m = a_{m1}x_1 + \dots + a_{mp}x_p + a_{m0}$$

2.2.4.4 Segmentación Jerárquica

Partiendo del análisis discriminante, cuando se requiere a través de las variables dependientes la integración y formación de distintos grupos, es decir que esta técnica sirve principalmente para segmentar. Se utiliza para verificar la clasificación realizada desde el punto de vista externo a la hora de formar los segmentos, de esta manera se puede encontrar diferencias en la clasificación.

2.2.4.5 Regresión Logística

Esta técnica es utilizada cuando la respuesta es de tipo dicotómico, es decir que una variable solamente puede tomar dos valores que son complementarios y que no se pueden comparar (Eje: enferma/no enferma, vive/muere). Entonces esta técnica está orientada para pronosticar la ocurrencia de un evento determinado.

2.2.4.6 Correlaciones Canónicas

Se considera como una extensión de la regresión múltiple, su objetivo es buscar posibles relaciones entre dos grupos de variables y la validez de las mismas, de esta manera esta técnica predice solamente una variable dependiente Y en función de varias variables independientes X . Lo que se tiene son dos ecuaciones canónicas en donde se verifica la correlación entre ellas.

2.2.4.7 Análisis de Ecuaciones Estructurales

El modelo de ecuaciones estructurales es una técnica compuesta de la regresión múltiple y el análisis factorial, en donde, a más de permitir el estudio de las relaciones de dependencia también examina los efectos del error de los coeficientes. Esta técnica ha desarrollado un gran crecimiento debido a sus ventajas y utilidad.

2.3 SELECCIÓN DEL MÉTODO MÁS ADECUADO

Luego de analizar, los tipos de variables que intervienen en la calidad del servicio comercial, se observan que estas son métricas e independientes, cuya variación da como resultado la calidad que se requiere obtener, por lo que se pueden resolver mediante el método de **regresión múltiple**, ya que la calidad (variable dependiente), responde a dos o más variables independientes.

2.3.1 Regresión Múltiple

El análisis de regresión múltiple permite determinar el efecto simultáneo de dos o más variables independientes sobre una variable dependiente, para la aplicación de este método se debe considerar que las variables involucradas

sean métricas. El método consiste en buscar una ecuación lineal, que mejor exprese matemáticamente la relación de los valores de una variable dependiente (y) con los valores de dos o más variables independientes ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_k X_k + \varepsilon \quad (11)$$

Siendo:

y =Variable dependiente.

x =Variable independiente.

B =Coeficientes de regresión.

ε =error o perturbación aleatoria.

Lo que nos interesa conocer es como se determinan los coeficientes de regresión B y que se cumplan la hipótesis del modelo de regresión sobre la forma de la distribución de probabilidad de ε sobre las variables independientes, estas hipótesis son:

- ❖ La media de la distribución de probabilidad de ε es 0.
- ❖ La distribución de probabilidad de ε es normal.
- ❖ Los valores de ε asociados a dos valores cualquiera observados de y , son independientes.
- ❖ La varianza de la distribución de probabilidad de ε es constante.
- ❖ No debe existir excesiva colinealidad o multicolinealidad entre las variables independientes.

Para poder obtener los coeficientes de regresión de la ecuación de regresión múltiple, se lo realizará mediante el método de estimación por mínimos cuadrados, el cual minimiza la suma de cuadrados de la diferencia entre los valores reales y los estimados de la variable dependiente. La solución del modelo de regresión múltiple, se puede obtener mediante programas informáticos, por la gran cantidad de cálculos que se deben realizar, en este caso se lo ejecutará mediante la aplicación del Excel ya que esta aplicación informática se basa en el método de estimación indicado.

2.3.2 Coeficiente de correlación múltiple y coeficiente de determinación múltiple

En los resultados obtenidos por la aplicación del Excel, el coeficiente de correlación múltiple R representa el grado de asociación entre la variable dependiente y y dos o más variables independientes en conjunto.

Al cuadrado del coeficiente de correlación o coeficiente de determinación R^2 , nos indica el porcentaje de variación total de la variable dependiente y mediante la ecuación de regresión, por lo tanto expresa la proporción de la varianza de la variable dependiente explicada por el modelo de regresión, cuyos valores pueden ser entre 0 y 1. Cero nos indica que no existe asociación lineal entre la variable dependiente y las independientes y uno indica una asociación perfecta.

2.4 APLICACIÓN Y DESARROLLO DEL MÉTODO

Como se indicó, al aplicar el método de regresión múltiple, podemos determinar la incidencia de las variables con respecto a la calidad de la distribuidora, la ventaja de este método es que puede comparar variables medidas en diferentes unidades. En vista de que los cuatro indicadores aportan a la calidad global, obtendremos las ecuaciones del comportamiento del aporte de cada indicador, mediante el método de regresión, obteniendo así cuatro ecuaciones, las cuales se sumarán para determinar la influencia total. La regresión se obtiene aplicando Microsoft Excel, a través del comando **Análisis de Datos** los resultados se presentan a continuación.

2.4.1 Regresión múltiple para indicador de conexión de servicio sin modificación de red

El proceso de regresión parte de una muestra de valores representado por las variables de este indicador y los resultados de la calidad, como el período de análisis es de un año, el tamaño de la muestra será de doce meses, la precisión de la ecuación para medir el aporte a la calidad de este indicador, será mejor representado, al considerar un tamaño de la muestra más grande, es decir mientras mayores observaciones existan (más años), la ecuación que

representa la calidad será más precisa, para el caso de análisis se a considerado para este y los demás indicadores, que la muestra de doce meses es aceptable, sin embargo está a consideración el período de análisis. Se aclara que el período de la muestra para este análisis será de doce meses ya que el presupuesto se realiza en términos anuales, sin embargo al tener información histórica recopilada de otros años de las variables que miden la calidad, ésta servirá para eliminar los valores atípicos que se pueden presentar en un mes determinado.

A continuación se presenta la tabla de la muestra en donde se resumen las variables independientes involucradas “ x_i ” y la variable dependiente “ y_1 ”.

Tabla 2.5: Datos de variables o indicadores, multas total por incumplimiento, inversión realizada y calidad de la conexión del servicio eléctrico sin modificación de red. [3]

MES	TIEMPO URBANO "x1"	TIEMPO RURAL "x2"	% CUMPLIMIENTO URBANO "x3"	% CUMPLIMIENTO RURAL "x4"	MULTA TOTAL "x5"	INVERSIÓN TOTAL \$ "x6"	%CALIDAD "y1"
Ene	2,65	2,49	85,09	91,76	5257,80	130.455,02	23,78
Feb	2,88	2,89	86,73	90,74	5257,80	75.261,67	23,82
Mar	2,33	1,31	88,25	98,31	2628,90	90.569,74	24,38
Abr	4,17	2,75	77,87	87,67	7886,70	97.860,29	22,81
May	4,17	2,75	77,87	87,67	7886,70	108.480,98	22,81
Jun	3,64	3,20	69,64	87,32	5257,80	78.837,75	22,51
Jul	3,95	2,95	70,66	87,30	5257,80	105.741,35	22,57
Ago	9,58	1,91	82,90	95,12	7886,70	35.735,22	20,21
Sept	2,68	2,79	83,22	100,00	2628,90	68.480,61	24,06
Oct	5,91	5,65	42,42	48,24	7886,70	63.731,81	16,26
Nov	4,99	2,76	82,27	87,27	7886,70	96.344,62	22,07
Dic	2,89	2,13	89,71	98,33	2628,90	89.885,70	24,47

Con el objetivo de relacionar de mejor manera la influencia que tiene cada variable independiente “ x_i ” sobre la variable dependiente “ y_i ”, a continuación se expresan los valores de “ x_i ” en por unidad mediante un cambio de base.¹⁸

Los valores base se configuran de acuerdo a lo siguiente:

¹⁸ Este procedimiento de cambio de base se utilizará para realizar las regresiones relacionadas con los índices de calidad que se analicen en lo posterior.

Tabla 2.6: Valores base indicador de conexión de servicio sin modificación de red.

Variables	Valor base	Representa
TIEMPO URBANO "x1"	4	El limite de cumplimiento de este índice (4 días)
TIEMPO RURAL "x2"	7	El limite de cumplimiento de este índice (7 días)
% CUMPLIMIENTO URBANO "x3"	98	El limite de cumplimiento de este índice (98 %)
% CUMPLIMIENTO RURAL "x4"	98	El limite de cumplimiento de este índice (98 %)
MULTA TOTAL "x5"	10515,6	La máxima multa por incumplimiento
INVERSIÓN TOTAL \$ "x6"	86.782,06	Promedio mensual de inversiones sobre este índice
"%CALIDAD "y1"	25	Máxima calidad que aporta este índice

Para obtener los valores en por unidad se aplica la siguiente fórmula:

$$Valor\ por\ unidad = \frac{Valor\ real}{Valor\ base} \quad (12)$$

Los resultados se tabulan a continuación en valores por unidad:

Tabla 2.7: Datos en por unidad del índice conexión del servicio eléctrico sin modificación de red.

MES	TIEMPO URBANO "x1"	TIEMPO RURAL "x2"	% CUMPLIMIENTO URBANO "x3"	% CUMPLIMIENTO RURAL "x4"	MULTA TOTAL "x5"	INVERSIÓN TOTAL \$ "x6"	%CALIDAD "y1"
Ene	0,66	0,36	0,87	0,94	-0,50	1,50	0,95
Feb	0,72	0,41	0,88	0,93	-0,50	0,87	0,95
Mar	0,58	0,19	0,90	1,00	-0,25	1,04	0,98
Abr	1,04	0,39	0,79	0,89	-0,75	1,13	0,91
May	1,04	0,39	0,79	0,89	-0,75	1,25	0,91
Jun	0,91	0,46	0,71	0,89	-0,50	0,91	0,90
Jul	0,99	0,42	0,72	0,89	-0,50	1,22	0,90
Ago	2,40	0,27	0,85	0,97	-0,75	0,41	0,81
Sept	0,67	0,40	0,85	1,02	-0,25	0,79	0,96
Oct	1,48	0,81	0,43	0,49	-0,75	0,73	0,65
Nov	1,25	0,39	0,84	0,89	-0,75	1,11	0,88
Dic	0,72	0,30	0,92	1,00	-0,25	1,04	0,98

Como se observa en la tabla anterior, se expresan los valores en por unidad con la particularidad que en la columna de las multas "x5" se tienen valores negativos, esto se ha configurado de esta manera para representar las pérdidas económicas como dinero que sale de la Empresa por concepto de multas, indicando que este cambio de signo no influye en lo absoluto para el

posterior cálculo de las regresiones ya que solamente cambia el signo del coeficiente de “x5”.¹⁹

Por consiguiente, con los valores en por unidad se procede aplicar la Regresión mediante Microsoft Excel. Los resultados de la regresión aplicada, considerando que se realizarán regresiones múltiples relacionadas: calidad con todas las variables, multas con respecto a los indicadores e inversión con respecto a los indicadores se presentan a continuación:

Tabla 2.8: Regresión considerando calidad con respecto a indicadores, multas e inversión del índice conexión del servicio eléctrico sin modificación de red.

Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple	0,996767927					
Coefficiente de determinación R ²	0,9935463					
R ² ajustado	0,98580186					
Error típico	0,010919737					
Observaciones	12					

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	0,091785418	0,01529757	128,291561	2,61072E-05
Residuos	5	0,000596203	0,000119241		
Total	11	0,092381621			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	0,493787483	0,116648039	4,233140021	0,008223472	0,193934152	0,793640814
TIEMPO URBANO "x1"	-0,099451455	0,018240001	-5,452382131	0,002820597	-0,14633887	-0,05256404
TIEMPO RURAL "x2"	-0,003715095	0,077145538	-0,048156971	0,963455532	-0,202024015	0,194593824
% CUMPLIMIENTO URBANO "x3"	0,062639599	0,084919311	0,737636678	0,493875392	-0,15565244	0,280931638
% CUMPLIMIENTO RURAL "x4"	0,463602877	0,087945435	5,271483156	0,003267783	0,23753194	0,689673814
MULTA TOTAL "x5"	-0,063907292	0,035717658	-1,789235203	0,133596509	-0,155722456	0,027907872
INVERSIÓN TOTAL \$ "x6"	0,007826398	0,022244738	0,351831421	0,739307031	-0,049355521	0,065008316

De los resultados obtenidos de la regresión, mediante los coeficientes se obtienen la siguiente ecuación:

$$y_1 = 0,49373 - 0,09945 X_1 - 0,00371 X_2 + 0,06263 X_3 + 0,4636 X_4 - 0,0639 X_5 + 0,00782 X_6 \quad (13)$$

Siendo:

x1: Indicador del tiempo en instalación del área urbano (días).

x2: Indicador del tiempo en instalación del área rural (días).

x3: Indicador del cumplimiento de instalaciones dentro del tiempo urbano (%).

x4: Indicador del cumplimiento de instalaciones dentro del tiempo rural (%).

x5: Penalización total por incumplimiento de los indicadores (\$).

x6: Inversiones totales realizadas para el cumplimiento de los indicadores (\$).

y1: Calidad por conexión de servicio sin modificación de red.

Con respecto a la ecuación que describe la variación de la calidad “y1” con todas las variables, indicadores, multas e inversiones, se observa que los coeficientes de cada variable “x1, x2, x3, x4, x5, x6” guardan una adecuada

¹⁹ Este procedimiento se realizara para las posteriores regresiones que se realicen.

relación ya que la influencia sobre la calidad se distribuye de forma pareja, de esta manera no se aprecia coeficientes preponderantes.

A continuación se obtiene la regresión de las multas con respecto a los indicadores:

Tabla 2.9: Regresión considerando las multas con respecto a indicadores del índice conexión del servicio eléctrico sin modificación de red.

Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple	0,795282693					
Coefficiente de determinación R ²	0,632474561					
R ² ajustado	0,422460025					
Error típico	0,158612709					
Observaciones	12					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	4	0,303060727	0,075765182	3,011575158	0,096717703	
Residuos	7	0,176105939	0,025157991			
Total	11	0,479166667				

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-0,603028378	1,423601288	-0,423593588	0,684574041	-3,969310508	2,763253753
TIEMPO URBANO "x1"	-0,25087714	0,107887046	-2,325368519	0,052973958	-0,505989465	0,004235185
TIEMPO RURAL "x2"	-0,136710772	0,098536108	-0,136911195	0,894955605	-2,49787347	2,224451926
% CUMPLIMIENTO URBANO "x3"	-0,990421814	1,149146572	-0,861875968	0,417300341	-3,707721667	1,726878039
% CUMPLIMIENTO RURAL "x4"	1,293103407	1,171438076	1,103859806	0,306148901	-1,476907476	4,06311429

Mediante los coeficientes se obtiene la siguiente ecuación:

$$X5 = -0,60302 - 0,25087 X1 - 0,13671 X2 - 0,99042 X3 + 1,2931 X4 \quad (14)$$

Podemos apreciar que los coeficientes obtenidos de la regresión mantienen una relación equitativa entre los indicadores "x1, x2, x3, x4" y las penalizaciones "x5", siendo el coeficiente de "x4" el de mayor influencia en la ecuación.

A continuación se obtiene la regresión de las inversiones con respecto a los indicadores:

Tabla 2.10: Regresión considerando las inversiones con respecto a indicadores del índice conexión del servicio eléctrico sin modificación de red.

Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple	0,696647624					
Coefficiente de determinación R ²	0,485317912					
R ² ajustado	0,191213862					
Error típico	0,254679316					
Observaciones	12					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	4	0,428127037	0,107031759	1,650157189	0,263953392	
Residuos	7	0,454030877	0,064861554			
Total	11	0,882157914				

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	3,417978422	2,285830718	1,495289391	0,178491679	-1,987152328	8,823109172
TIEMPO URBANO "x1"	-0,413067401	0,173230753	-2,384492323	0,048560344	-0,822693041	-0,003441761
TIEMPO RURAL "x2"	-1,415291943	1,603317255	-0,882727319	0,406674663	-5,206534807	2,375950921
% CUMPLIMIENTO URBANO "x3"	0,326238242	1,845147623	0,176808749	0,86466554	-4,036842576	4,68931906
% CUMPLIMIENTO RURAL "x4"	-1,867604565	1,880940373	-0,992910032	0,35382807	-6,315321786	2,580112656

La ecuación obtenida es:

$$X_6 = 3,41797 - 0,41306 X_1 - 1,41529 X_2 + 0,32623 X_3 - 1,8676 X_4 \quad (15)$$

Los coeficientes en este caso también son parejos en cuanto al predominio de los indicadores "x1, x2, x3, x4" y la inversión "x6".

Al realizar una comparación entre los valores obtenidos de la calidad, multas e inversiones, con los valores calculados mediante las ecuaciones obtenidas en las regresiones, se observa que estos son representativos a los valores reales.

Tabla 2.11: Comparación entre valores reales y calculados mediante fórmulas de la regresión del índice conexión del servicio eléctrico sin modificación de red.

MES	MULTA TOTAL		INVERSIÓN		% CALIDAD	
	REAL	CALCULADA	REAL	CALCULADA	REAL	CALCULADA
Ene	-0,50	-0,47	1,50	1,17	0,95	0,96
Feb	-0,50	-0,52	0,87	1,10	0,95	0,94
Mar	-0,25	-0,37	1,04	1,33	0,98	0,98
Abr	-0,75	-0,55	1,13	1,02	0,91	0,91
May	-0,75	-0,55	1,25	1,02	0,91	0,91
Jun	-0,50	-0,45	0,91	0,96	0,90	0,90
Jul	-0,50	-0,47	1,22	0,99	0,90	0,89
Ago	-0,75	-0,82	0,41	0,50	0,81	0,81
Sept	-0,25	-0,35	0,79	0,95	0,96	0,97
Oct	-0,75	-0,88	0,73	0,89	0,65	0,65
Nov	-0,75	-0,65	1,11	0,95	0,88	0,89
Dic	-0,25	-0,44	1,04	1,11	0,98	0,97

El siguiente paso de este análisis comprende en graficar los valores calculados de la tabla anterior, es decir graficar las curvas de las penalizaciones vs calidad y las inversiones vs calidad, pues se relacionaran estos datos de manera análoga con las curvas de oferta y demanda para determinar el punto óptimo entre las curvas de penalizaciones e inversiones.

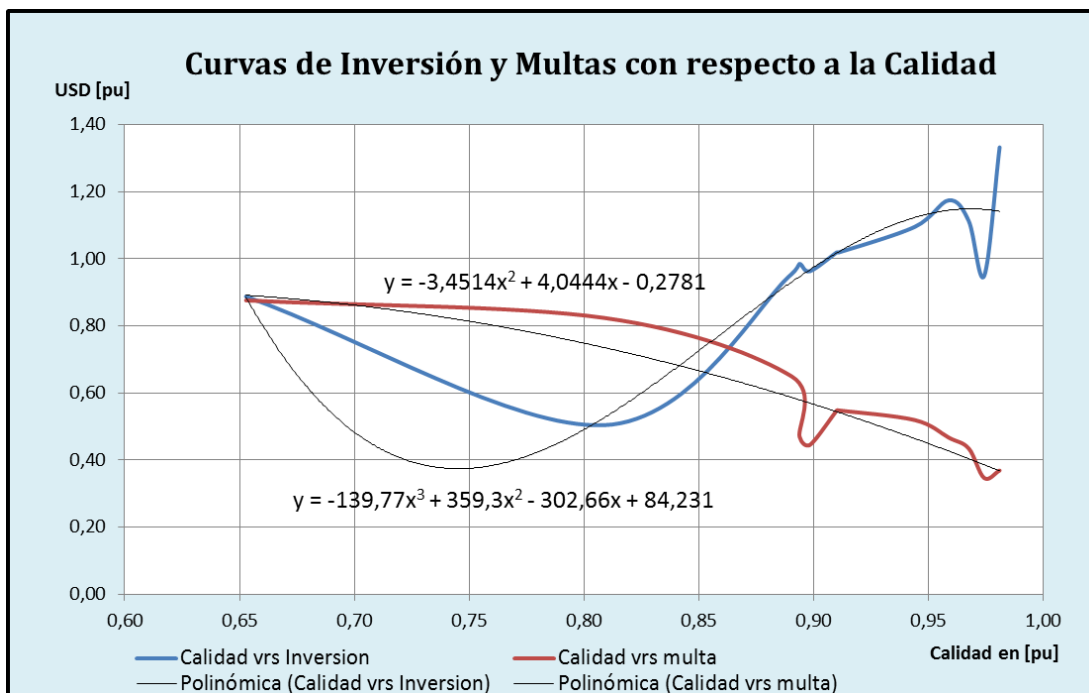


Gráfico 2.4: Representación de las curvas inversión y multas con respecto a la calidad del índice conexión del servicio eléctrico sin modificación de red.

Para la elaboración del gráfico anterior se realizó la siguiente consideración, se ordenó la calidad obtenidas “eje x” de menor a mayor, el “eje y” representa el monto de penalizaciones o inversiones, de esta forma se puede apreciar que a mayor calidad las penalizaciones disminuyen pero las inversiones aumentan y viceversa.

Además se obtienen las ecuaciones polinómicas de cada curva, las cuales son aproximaciones matemáticas de las curvas reales, de esta forma se puede emplear estas ecuaciones para encontrar el punto de equilibrio tanto de la calidad e inversiones.

El punto de equilibrio entre dos curvas se encuentra en el cruce de éstas, por lo cual en las curvas reales se verifico el cruce mediante visualización directa y en las curvas polinómicas se empleo el método matemático de igualación y resolución de ecuaciones, así se obtienen los siguientes valores en por unidad:²⁰

Punto de equilibrio de curvas reales:

Eje “x” calidad 0,863

²⁰ Este proceso se empleará para las siguientes curvas de inversión y multas con respecto a la calidad de los posteriores índices ha analizar.

Eje "y" USD 0,738

Punto de equilibrio curvas polinómicas:

Eje "x" calidad 0,841

Eje "y" USD 0,682

2.4.2 Regresión múltiple para indicador de conexión de servicio con modificación de red

Con las mismas consideraciones ya indicadas se presenta la tabla en donde se detalla las variables "xi" y "y2" para este indicador.

Tabla 2.12: Datos de variables y resultados de la regresión múltiple para el índice conexión del servicio con modificación de red.

AÑO	MES	VALOR DEL INDICE "x7"	VALOR DEL INDICE "x8"	MULTA TOTAL "x9"	INVERSION TOTAL "x10"	%CALIDAD "y2"
2009	Ene	65,00	18,67	5257,80	15.854,38	11,97
2009	Feb	73,67	57,00	5257,80	16.746,22	4,99
2009	Mar	22,26	2,50	2628,90	14.935,89	18,11
2009	Abr	24,73	22,00	5257,80	20.829,27	13,58
2009	May	24,73	22,00	5257,80	20.716,54	13,58
2009	Jun	12,44	15,00	2628,90	27.979,05	22,54
2009	Jul	13,63	23,00	5257,80	25.724,65	17,33
2009	Ago	15,00	17,00	5257,80	16.663,03	19,36
2009	Sept	21,58	11,80	2628,90	12.847,66	18,29
2009	Oct	13,93	6,67	2628,90	21.502,00	21,47
2009	Nov	8,20	36,50	2628,90	31.819,97	17,64
2009	Dic	14,67	4,00	2628,90	12.223,08	21,02

Se realiza el cambio de base para cada variable independiente "xi" sobre la variable dependiente "yi", a continuación se expresa los valores de "xi" en por unidad mediante un cambio de base.

Los valores base se configuran de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 2.13: Valores base para el índice conexión del servicio con modificación de red.

Variables	Valor base	Representa
TIEMPO URBANO "x7"	10	El limite de cumplimiento de este índice (10 días).
TIEMPO RURAL "x8"	15	El limite de cumplimiento de este índice (15 días).
MULTA TOTAL "x9"	5257,8	La máxima multa por incumplimiento.
INVERSIÓN TOTAL \$ "x10"	19.820,15	Promedio mensual de inversiones sobre este índice.
"%CALIDAD "y2"	25	Máxima calidad que aporta este índice

Los resultados se tabulan a continuación en valores por unidad:

Tabla 2.14: Datos en por unidad del índice conexión del servicio eléctrico con modificación de red.

MES	TIEMPO URBANO "x7"	TIEMPO RURAL "x8"	MULTA TOTAL "x9"	INVERSION TOTAL "x10"	%CALIDAD "y2"
Ene	6,50	1,24	-1,00	0,80	0,48
Feb	7,37	3,80	-1,00	0,84	0,20
Mar	2,23	0,17	-0,50	0,75	0,72
Abr	2,47	1,47	-1,00	1,05	0,54
May	2,47	1,47	-1,00	1,05	0,54
Jun	1,24	1,00	-0,50	1,41	0,90
Jul	1,36	1,53	-1,00	1,30	0,69
Ago	1,50	1,13	-1,00	0,84	0,77
Sept	2,16	0,79	-0,50	0,65	0,73
Oct	1,39	0,44	-0,50	1,08	0,86
Nov	0,82	2,43	-0,50	1,61	0,71
Dic	1,47	0,27	-0,50	0,62	0,84

Con los valores en por unidad se procede aplicar la Regresión mediante Microsoft Excel. Los resultados de la regresión aplicada, considerando que se realizarán regresiones múltiples relacionadas: calidad con todas las variables, multas con respecto a los indicadores e inversión con respecto a los indicadores, se presentan a continuación:

Tabla 2.15: Regresión considerando calidad con respecto a indicadores, multas e inversión del índice conexión del servicio eléctrico con modificación de red.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,955932665
Coefficiente de determinación R ²	0,91380726
R ² ajustado	0,864554266
Error típico	0,072610629
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	4	0,39127523	0,097818808	18,55333421	0,000789266
Residuos	7	0,036906124	0,005272303		
Total	11	0,428181354			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	0,922965084	0,126259611	7,310058033	0,000161361	0,624408546	1,221521622
TIEMPO URBANO "x7"	-0,040996199	0,018053463	-2,270821852	0,057407881	-0,083685857	0,001693458
TIEMPO RURAL "x8"	-0,092787001	0,036827067	-2,519532734	0,039837741	-0,179869176	-0,005704825
MULTA TOTAL "x9"	0,162492471	0,101611377	1,599156272	0,153818556	-0,077780256	0,402765199
INVERSION TOTAL "x10"	0,092756267	0,105342726	0,880518957	0,407790594	-0,156339697	0,341852231

Con la información de la regresión la ecuación encontrada resulta:

$$y_2 = 0,92296 - 0,04099 X7 - 0,09278 X8 + 0,16249 X9 + 0,09275 X10 \quad (16)$$

Siendo:

x7: Indicador del tiempo de conexión del servicio con modificación de red urbano dentro de la franja de servicio (días).

x8: Indicador del tiempo de conexión del servicio con modificación de red rural dentro de la franja de servicio (días).

x9: Multa total por incumplimiento de los tiempos en la conexión de servicio (\$).

x10: Inversión total para el cumplimiento de los indicadores para la conexión de servicio (\$).

y2: Calidad para indicador de conexión de servicio eléctrico con modificación de red.

Con respecto a la ecuación que describe la variación de la calidad “y2” con todas las variables, indicadores, multas e inversiones, se observa que los coeficientes de cada variable “x7”, x8, x9, x10” guardan una adecuada relación ya que la influencia sobre la calidad se distribuye de forma pareja, de esta manera no se aprecia coeficientes preponderantes.

A continuación se obtiene la regresión de las multas con respecto a los indicadores:

Tabla 2.16: Regresión considerando las multas con respecto a indicadores del índice conexión del servicio eléctrico con modificación de red.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,564089164
Coefficiente de determinación R ²	0,318196585
R ² ajustado	0,166684715
Error típico	0,238363066
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	0,238647439	0,119323719	2,100142944	0,178429343
Residuos	9	0,511352561	0,056816951		
Total	11	0,75			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-0,539274529	0,124293579	-4,33871592	0,00188099	-0,820446139	-0,25810292
TIEMPO URBANO "x7"	-0,043896147	0,040853607	-1,07447419	0,310571192	-0,136313427	0,048521134
TIEMPO RURAL "x8"	-0,07423735	0,085601789	-0,867240639	0,408337106	-0,26788205	0,11940735

Mediante los coeficientes se obtiene la siguiente ecuación:

$$X9 = -0,53927 - 0,04389 X7 - 0,07423 X8 \quad (17)$$

Podemos apreciar que los coeficientes obtenidos de la regresión mantienen una relación equitativa entre los indicadores “x7, x8” y las penalizaciones “x9”, siendo el coeficiente independiente el de mayor influencia en la ecuación.

A continuación se obtiene la regresión de las inversiones con respecto a los indicadores:

Tabla 2.17: Regresión considerando las inversiones con respecto a indicadores del índice conexión del servicio eléctrico con modificación de red.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,741673923
Coefficiente de determinación R ²	0,550080208
R ² ajustado	0,450098032
Error típico	0,229919999
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	2	0,581683748	0,290841874	5,501782723	0,027485772	
Residuos	9	0,475768855	0,052863206			
Total	11	1,057452603				

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	0,99900649	0,119890971	8,332624867	1,59625E-05	0,72779427	1,27021871
TIEMPO URBANO "x7"	-0,118300562	0,03940653	-3,002054754	0,014906617	-0,207444326	-0,029156797
TIEMPO RURAL "x8"	0,233591966	0,082569685	2,829028193	0,019753716	0,046806362	0,42037757

La ecuación obtenida es:

$$X_{10} = 0,999 - 0,1183 X_7 + 0,23359 X_8 \quad (18)$$

Los coeficientes en este caso también son semejantes en cuanto al predominio de los indicadores "x7, x8" y la inversión "x10".

Al realizar una comparación entre los valores obtenidos de la calidad, multas e inversiones, con los valores calculados mediante las ecuaciones obtenidas en las regresiones, se observa que estos son representativos a los valores reales.

Tabla 2.18: Comparación entre valores reales y calculados mediante fórmulas de la regresión del índice conexión del servicio eléctrico con modificación de red.

MES	MULTA TOTAL		INVERSIÓN		% CALIDAD	
	REAL	CALCULADA	REAL	CALCULADA	REAL	CALCULADA
Ene	-1,00	-0,92	0,80	0,52	0,44	0,45
Feb	-1,00	-1,14	0,84	1,02	0,18	0,18
Mar	-0,50	-0,65	0,75	0,77	0,78	0,80
Abr	-1,00	-0,76	1,05	1,05	0,66	0,62
May	-1,00	-0,76	1,05	1,05	0,66	0,62
Jun	-0,50	-0,67	1,41	1,09	0,77	0,83
Jul	-1,00	-0,71	1,30	1,20	0,72	0,68
Ago	-1,00	-0,69	0,84	1,09	0,75	0,67
Sept	-0,50	-0,69	0,65	0,93	0,74	0,74
Oct	-0,50	-0,63	1,08	0,94	0,81	0,84
Nov	-0,50	-0,76	1,61	1,47	0,68	0,73
Dic	-0,50	-0,62	0,62	0,89	0,82	0,81

A continuación se grafican los valores calculados de la tabla anterior, con lo cual se obtienen las curvas de las penalizaciones vs calidad y las inversiones vs calidad, y se relaciona esta información de manera análoga con las curvas de oferta y demanda para determinar el punto óptimo entre las curvas de penalizaciones e inversiones.

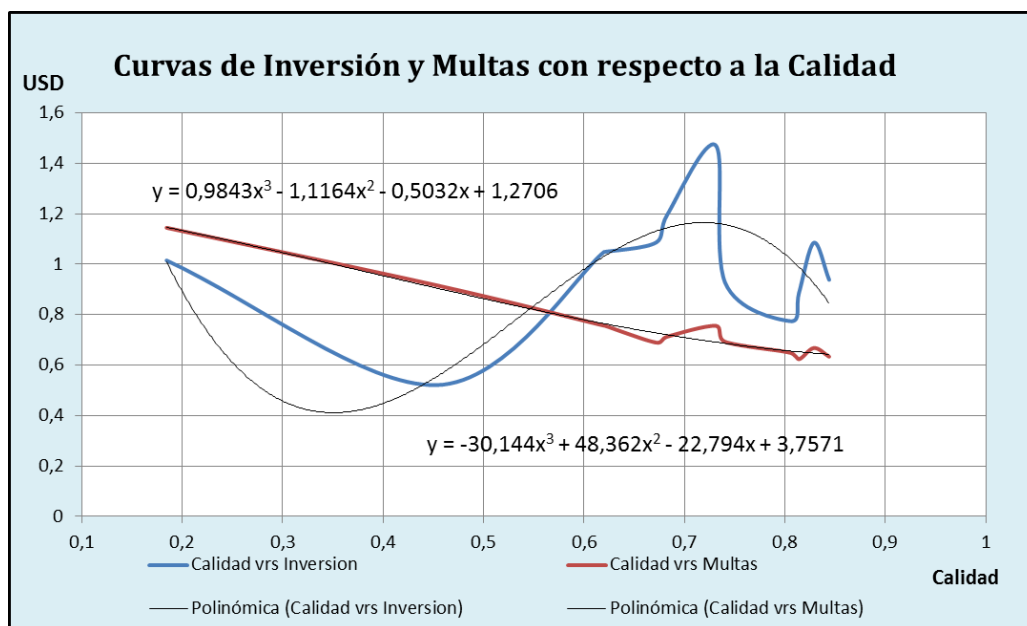


Gráfico 2.5: Representación de las curvas inversión y multas con respecto a la calidad del índice conexión del servicio eléctrico con modificación de red.

Para la elaboración del gráfico anterior se realizó la siguiente consideración, se ordenó la calidad obtenidas “eje x” de menor a mayor y el “eje y” representa el monto de penalizaciones o inversiones, de esta forma se puede apreciar que a mayor calidad las penalizaciones disminuyen pero las inversiones aumentan y viceversa.

Además se obtienen las ecuaciones polinómicas de cada curva, las cuales son aproximaciones matemáticas de las curvas reales, de esta forma se puede emplear estas ecuaciones para encontrar el punto de equilibrio tanto de la calidad e inversiones.

El punto de equilibrio entre estas dos curvas se encuentra en el cruce de las mismas, de esta forma se tiene los siguientes valores en por unidad:

Punto de equilibrio de curvas reales:

Eje “x” calidad 0,565

Eje “y” USD 0,81

Punto de equilibrio de curvas polinómicas:

Eje “x” calidad 0,546

Eje “y” USD 0,822

2.4.3 Regresión múltiple para el indicador del tiempo de restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago área urbana y rural

De igual manera que en los indicadores anteriores, se presenta la tabla en donde se detalla las variables “ x_i ” y “ y_3 ” para este indicador.

Tabla 2.19: Datos de variables y resultados de la regresión múltiple para el índice restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago.

MES	TRSFPU		TRSFPR			INVERSION	100,00%
	VALOR DEL INDICE "x11"	VALOR DEL INDICE "x12"	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x13"	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x14"	MULTA TOTAL "x15"	INVERSION TOTAL "x16"	%CALIDAD "y3"
Ene	16,81	35,99	53%	75%	5257,8	62.567,28	16,23%
Feb	16,60	25,93	55%	82%	5257,8	64.785,04	18,54%
Mar	15,22	42,01	60%	53%	5257,8	67.424,10	15,07%
Abr	15,03	30,28	57%	76%	5257,8	66.289,07	17,80%
May	15,03	30,28	57%	76%	5257,8	91.604,60	17,80%
Jun	12,15	12,08	57%	88%	5257,8	21.765,55	20,83%
Jul	15,03	30,28	57%	76%	5257,8	61.302,56	17,80%
Ago	14,47	34,56	57%	70%	5257,8	49.665,29	16,98%
Sept	13,01	17,05	63%	91%	5257,8	55.470,31	21,10%
Oct	15,11	22,26	56%	86%	5257,8	50.366,54	19,68%
Nov	14,72	27,32	58%	80%	5257,8	59.717,30	18,71%
Dic	15,60	35,33	52%	78%	5257,8	49.012,23	16,76%

Se realiza el cambio de base para cada variable independiente “ x_i ” sobre la variable dependiente “ y_i ”, a continuación se expresa los valores de “ x_i ” en por unidad mediante un cambio de base.

Los valores base se configuran de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 2.20: Valores base para el índice restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago.

Variables	Valor base	Representa
VALOR DEL INDICE "x11"	10	El limite de cumplimiento de este índice (10 días).
VALOR DEL INDICE "x12"	24	El limite de cumplimiento de este índice (24 días).
% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x13"	97	El limite de cumplimiento de este índice (97 %).
% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x14"	95	El limite de cumplimiento de este índice (95 %).
MULTA TOTAL "x15"	10515,60	La máxima multa por incumplimiento.
INVERSION TOTAL "x16"	58330,82	Promedio mensual de inversiones sobre este índice.
%CALIDAD "y3"	25	Máxima calidad que aporta este índice

Los resultados se tabulan a continuación en valores por unidad:

Tabla 2.21: Datos en por unidad del índice restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago.

MES	VALOR DEL INDICE "x11"	VALOR DEL INDICE "x12"	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x13"	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x14"	MULTA TOTAL "x15"	INVERSION TOTAL "x16"	%CALIDAD "y3"
Ene	1,68	1,50	0,55	0,79	-1,00	1,07	0,65
Feb	1,66	1,08	0,57	0,87	-1,00	1,11	0,74
Mar	1,52	1,75	0,62	0,56	-1,00	1,16	0,60
Abr	1,50	1,26	0,59	0,80	-1,00	1,14	0,71
May	1,50	1,26	0,59	0,80	-1,00	1,57	0,71
Jun	1,21	0,50	0,59	0,92	-0,75	0,37	0,83
Jul	1,50	1,26	0,59	0,80	-1,00	1,05	0,71
Ago	1,45	1,44	0,59	0,74	-1,00	0,85	0,68
Sept	1,30	0,71	0,65	0,95	-0,75	0,95	0,84
Oct	1,51	0,93	0,58	0,91	-0,75	0,86	0,79
Nov	1,47	1,14	0,60	0,84	-1,00	1,02	0,75
Dic	1,56	1,47	0,54	0,82	-1,00	0,84	0,67

Con los valores en por unidad se procede aplicar la Regresión mediante Microsoft Excel. Los resultados de la regresión aplicada, considerando que se realizarán regresiones múltiples relacionadas: calidad con todas las variables, multas con respecto a los indicadores e inversión con respecto a los indicadores, se presentan a continuación:

Tabla 2.22: Regresión considerando calidad con respecto a indicadores, multas e inversión del índice restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,996963571
Coefficiente de determinación R ²	0,993936362
R ² ajustado	0,986659997
Error típico	0,008298746
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	6	0,056444328	0,009407388	136,5979218	2,23519E-05	
Residuos	5	0,000344346	6,88692E-05			
Total	11	0,056788674				

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	0,386889943	0,169827266	2,278137967	0,071704887	-0,049664943	0,823444829
VALOR DEL INDICE "x11"	-0,005324045	0,042992052	-0,123837891	0,906267932	-0,115838634	0,105190544
VALOR DEL INDICE "x12"	-0,118850008	0,025749137	-4,615688919	0,005757839	-0,185040272	-0,052659743
% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x13"	0,457775798	0,156952484	2,916652146	0,033142403	0,054316595	0,861235001
% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x14"	0,271288234	0,068396222	3,966421322	0,010674209	0,095470148	0,44710632
MULTA TOTAL "x15"	0,003193926	0,045225641	0,070622018	0,946436238	-0,113062285	0,119450137
INVERSION TOTAL "x16"	-0,000891628	0,015867505	-0,05619208	0,957365142	-0,041680349	0,039897093

Con la información de la regresión la ecuación encontrada resulta:

$$y_3 = 0,38688 - 0,00532 X_{11} - 0,11885 X_{12} + 0,45777 X_{13} + 0,27128 X_{14} + 0,00319 X_{15} - 0,00089 X_{16}$$

(19)

Siendo:

x11: Indicador del tiempo de restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago en urbano (horas).

x12: Indicador del tiempo de restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago en rural (horas).

x13: Indicador de cumplimiento de la cantidad de rehabilitaciones dentro del plazo en área urbano (%).

x14: Indicador de cumplimiento de la cantidad de rehabilitaciones dentro del plazo en área rural (%).

x15: Multa total por incumplimiento de los indicadores por rehabilitación de servicio (\$).

x16: Inversión total para cumplimiento de indicadores (\$).

y3: Calidad para indicador de rehabilitación de servicio suspendido por falta de pago.

Con respecto a la ecuación que describe la variación de la calidad “y3” con respecto a todas las variables, indicadores, multas e inversiones, se observa que los coeficientes de cada variable “x11, x12, x13, x14, x15, x16” tienen una relación proporcionada ya que la influencia sobre la calidad se distribuye de forma pareja, de esta manera no se aprecia coeficientes preponderantes.

A continuación se obtiene la regresión de las multas con respecto a los indicadores:

Tabla 2.23: Regresión considerando las multas con respecto a indicadores del índice restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,841127368
Coefficiente de determinación R ²	0,707495249
R ² ajustado	0,540349676
Error típico	0,076656451
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	4	0,099491519	0,02487288	4,232808796	0,047051575
Residuos	7	0,041133481	0,005876212		
Total	11	0,140625			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-0,616595227	1,149396797	-0,536451144	0,608265053	-3,334486768	2,101296314
VALOR DEL INDICE "x11"	-0,14052086	0,329436214	-0,426549523	0,682518604	-0,919513722	0,638472001
VALOR DEL INDICE "x12"	-0,225976577	0,221554059	-1,019961346	0,341696879	-0,749868678	0,297915525
% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x13"	0,288327285	1,052073131	0,274056314	0,791952319	-2,199430355	2,776084924
% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x14"	-0,014594038	0,619640242	-0,023552438	0,981866941	-1,479810381	1,450622304

Mediante los coeficientes se obtiene la siguiente ecuación:

$$X15 = -0,61659 - 0,14052 X11 - 0,22597 X12 + 0,28832 X13 - 0,01459 X14 \quad (20)$$

Podemos apreciar que los coeficientes obtenidos de la regresión, mantienen una relación equitativa entre los indicadores “x11, x12, x13, x14” y las penalizaciones “x15”, siendo el coeficiente independiente el de mayor influencia en la ecuación.

A continuación se obtiene la regresión de las inversiones con respecto a los indicadores:

Tabla 2.24: Regresión considerando las inversiones con respecto a indicadores del índice restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,779194794
Coefficiente de determinación R ²	0,607144527
R ² ajustado	0,382655685
Error típico	0,218486592
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	4	0,51642457	0,129106142	2,704564384	0,118758762
Residuos	7	0,334154736	0,047736391		
Total	11	0,850579306			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-6,359611065	3,276016364	-1,941263522	0,093361135	-14,10615881	1,386936679
VALOR DEL INDICE "x11"	1,63956477	0,938960707	1,746148436	0,124289415	-0,580724489	3,859854029
VALOR DEL INDICE "x12"	0,368444755	0,631474462	0,583467388	0,577885443	-1,124755072	1,861644582
% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x13"	6,414927023	2,998623976	2,139290246	0,06970733	-0,675691953	13,505546
% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x14"	0,857934117	1,766101643	0,485778449	0,641960537	-3,318232659	5,034100894

La ecuación obtenida es:

$$X16 = - 6,35961 + 1,63956 X11 + 0,23359 X12 + 6,41492 X13 + 0,85793 X14 \quad (21)$$

Los coeficientes en este caso difieren sobre la influencia de la inversión “x16”, se aprecia que los coeficientes más determinantes son el de la variable “x13” y el coeficiente independiente.

Al realizar una comparación entre los valores obtenidos de la calidad, multas e inversiones, con los valores calculados mediante las ecuaciones obtenidas en las regresiones, se observa que estos son representativos a los valores reales.

Tabla 2.25: Comparación entre valores reales y calculados mediante fórmulas de la regresión del índice restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago.

MES	MULTA TOTAL		INVERSIÓN		% CALIDAD	
	REAL	CALCULADA	REAL	CALCULADA	REAL	CALCULADA
Ene	-1	-1,05	1,07	1,14	0,65	0,66
Feb	-1	-0,94	1,11	1,17	0,74	0,74
Mar	-1	-1,05	1,16	1,25	0,60	0,60
Abr	-1	-0,95	1,14	1,05	0,71	0,71
May	-1	-0,95	1,57	1,05	0,71	0,71
Jun	-0,75	-0,74	0,37	0,38	0,83	0,84
Jul	-1	-0,95	1,05	1,05	0,71	0,71
Ago	-1	-0,99	0,85	0,97	0,68	0,68

Sept	-0,75	-0,79	0,95	1,04	0,84	0,85
Oct	-0,75	-0,88	0,86	0,97	0,79	0,78
Nov	-1	-0,92	1,02	1,02	0,75	0,74
Dic	-1	-1,02	0,84	0,91	0,67	0,67

A continuación se grafican los valores calculados de la tabla anterior, con lo cual se obtienen las curvas de penalizaciones vs calidad e inversiones vs calidad, y se relaciona esta información de manera análoga con las curvas de oferta y demanda para determinar el punto óptimo entre las curvas de penalizaciones e inversiones.

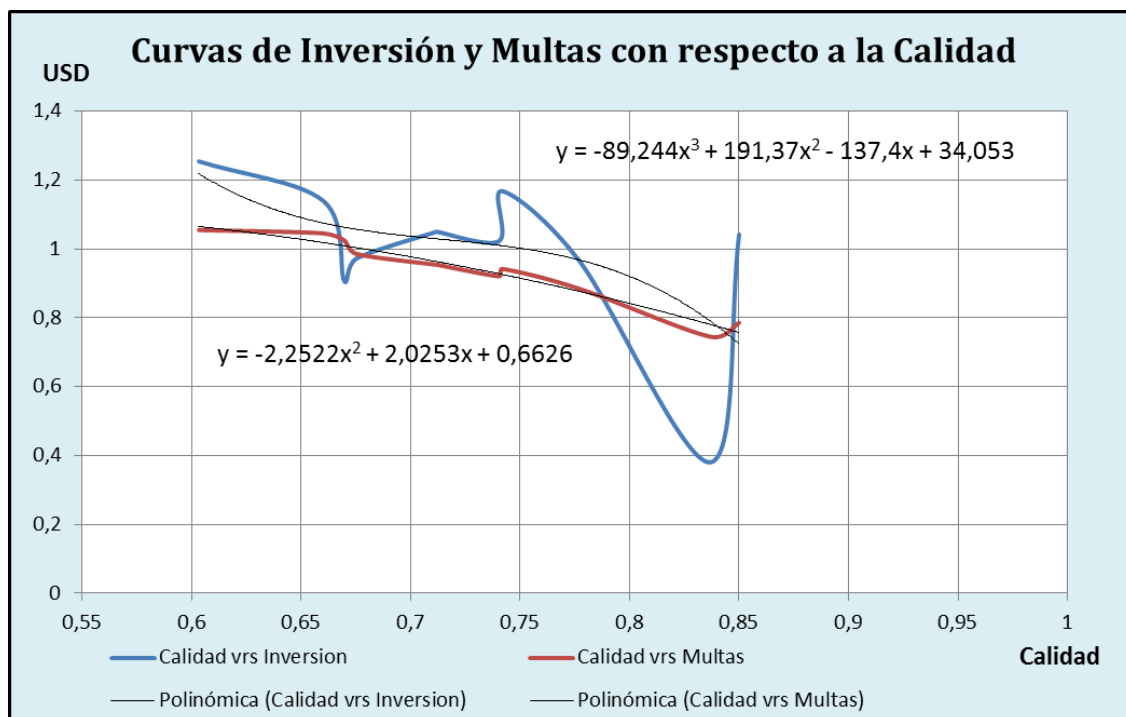


Gráfico 2.6: Representación de las curvas inversión y multas con respecto a la calidad del índice restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago.

Para la elaboración del gráfico anterior se realizó la siguiente consideración, se ordenó la calidad obtenidas “eje x” de menor a mayor y el “eje y” representa el monto de penalizaciones o inversiones.

Además se obtienen las ecuaciones polinómicas de cada curva, las cuales son aproximaciones matemáticas de las curvas reales, de esta forma se puede emplear estas ecuaciones para encontrar el punto de equilibrio tanto de la calidad e inversiones.

El punto de equilibrio entre estas dos curvas se encuentra en el cruce de las mismas, de esta forma se tiene los siguientes valores en por unidad:

Punto de equilibrio de curvas reales:

Eje “x” calidad 0,849

Eje “y” USD 0,77

Punto de equilibrio de curvas polinómicas:

Eje “x” calidad 0,839

Eje “y” USD 0,776

2.4.4 Regresión múltiple para el indicador calidad en la facturación

Para el caso de este indicador se muestra la siguiente tabla:

Tabla 2.26: Comportamiento del indicador de la calidad de la facturación

AÑO	MES	VALOR DEL INDICE % "x17"	MULTA INDICE INDIVIDUAL \$ "x18"	INVERSION TOTAL "x19"	%CALIDAD "y4"
2009	Ene	0,165942		46.554,75	25
2009	Feb	0,168318		46.206,89	25
2009	Mar	0,169063		47.676,16	25
2009	Abr	0,03391		45.609,45	25
2009	May	0,205714		46.861,68	25
2009	Jun	0,097967		46.734,89	25
2009	Jul	0,135882		46.919,05	25
2009	Ago	0,217627		44.127,13	25
2009	Sept	0,192661		44.579,79	25
2009	Oct	0,255753		43.636,75	25
2009	Nov	0,175382		44.994,73	25
2009	Dic	0,18162		44.636,38	25

Para este índice se presenta la particularidad que en ningún mes se penaliza, y los valores de las inversiones son casi iguales, con un total cumplimiento mensual, por lo que el resultado de la regresión no presenta ninguna relación entre las variables, interpretando que la máxima calidad se consigue con las inversiones realizadas.

$$y_4 = 25 \quad (22)$$

Debido a que las ecuaciones de las variables dependientes y_1, y_2, y_3 y las variables independientes correspondientes X_i se expresan en por unidad, para realizar el análisis en conjunto se debe expresar las variables del este indicador también en por unidad, por lo cual a continuación se expresa los valores de “xi” en por unidad mediante un cambio de base.

Los valores base se configuran de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 2.27: Valores base indicador calidad de facturación.

Variables	Valor base	Representa
VALOR DEL INDICE "x17"	2	El límite de cumplimiento de este índice (2 %).
MULTA TOTAL "x18"	---	Este índice no penaliza.
INVERSIÓN TOTAL \$ "x19"	45.711,47	Promedio mensual de inversiones sobre este índice.
"%CALIDAD "y4"	25	Máxima calidad que aporta este índice.

Los resultados se tabulan a continuación en valores por unidad:

Tabla 2.28: Datos en por unidad del índice calidad de facturación.

CALIDAD DE FACTURACION					
AÑO	MES	VALOR DEL INDICE "x17"	MULTA INDICE INDIVIDUAL \$ "x18"	INVERSION TOTAL "x19"	%CALIDAD "y4"
2009	Ene	0,083		1,02	1,00
2009	Feb	0,084		1,01	1,00
2009	Mar	0,085		1,04	1,00
2009	Abr	0,017		1,00	1,00
2009	May	0,103		1,03	1,00
2009	Jun	0,049		1,02	1,00
2009	Jul	0,068		1,03	1,00
2009	Ago	0,109		0,97	1,00
2009	Sept	0,096		0,98	1,00
2009	Oct	0,128		0,95	1,00
2009	Nov	0,088		0,98	1,00
2009	Dic	0,091		0,98	1,00

De esta manera:

$$y_4 = 1 \quad (23)$$

2.4.5 Ecuación característica

Analizado los cuatro indicadores se tiene entonces que la calidad total en función de las variables de los índices, penalizaciones e inversiones de cada uno de ellos está conformada por la sumatoria de la calidad de cada indicador, es por eso que se expresa la siguiente ecuación característica de la calidad del servicio comercial considerando estos indicadores, de considerar más

indicadores se sumaran considerando la proporción de cada uno de ellos frente a la calidad total.

$$y_t(x) = y_1(x) + y_2(x) + y_3(x) + y_4(x) \quad (24)$$

De esta manera:

$$\begin{aligned} y_t = & 0,49373 - 0,09945 X1 - 0,00371 X2 + 0,06263 X3 + 0,4636 X4 - 0,0639 X5 \\ & + 0,00782 X6 + 0,92296 - 0,04099 X7 - 0,09278 X8 + 0,16249 X9 \\ & + 0,09275 X10 + 0,38688 - 0,00532 X11 - 0,11885 X12 \\ & + 0,45777 X13 + 0,27128 X14 + 0,00319 X15 - 0,00089 X16 + 1 \end{aligned} \quad (25)$$

Sumando los términos independientes se obtiene:

$$\begin{aligned} y_t = & 2,803 - 0,09945 X1 - 0,00371 X2 + 0,06263 X3 + 0,4636 X4 - 0,0639 X5 + \\ & 0,00782 X6 - 0,04099 X7 - 0,09278 X8 + 0,16249 X9 + 0,09275 X10 - 0,00532 X11 - \\ & 0,11885 X12 + 0,45777 X13 + 0,27128 X14 + 0,00319 X15 - 0,00089 X16 \end{aligned} \quad (26)$$

Las variables representativas de cada “ x_i ” se indicaron anteriormente.

CAPITULO III: LA INVESTIGACION DE OPERACIONES, FUNCION OBJETIVO Y RESTRICCIONES

ENFOQUE

En este capítulo se determinarán la o las funciones objetivo que se desean maximizar, se detallará de acuerdo al tipo de función obtenida y sus variables el mejor método de solución considerando las múltiples aplicaciones para la solución de este tipo de problemas de optimización que plantea la investigación de operaciones.

El análisis que se proyecta es individual para cada indicador de esta forma se disponen de cuatro funciones objetivo, las cuales aportan equitativamente a la calidad total, esta situación se diseña para poder determinar las respectivas restricciones para cada función objetivo, las cuales dependen de características propias de cada índice tales como: trabajos operativos, decisiones administrativas, condicionamiento de la Regulación 004-01, además de situaciones propias de cada índice las mismas que se desarrollaran en lo posterior.

Además se efectuará la Maximización del problema ejecutando el comando SOLVER de Microsoft Excel a través del método de resolución Simplex LP, con la finalidad de encontrar los valores de cada variable independiente que representen la optimización del problema planteado, el cual es:

Que, la Distribuidora obtenga la mayor calidad en la prestación del servicio comercial frente a las inversiones realizadas en las distintas áreas al tiempo de disminuir las multas planteadas por la regulación.

3.1 LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

A continuación se ofrecen conceptos relacionados sobre este tema:

“Es una rama de las Matemáticas consistente en el uso de modelos matemáticos, estadística y algoritmos con objeto de realizar un proceso de toma de decisiones. Frecuentemente, trata del estudio de complejos sistemas reales, con la finalidad de mejorar (u optimizar) su funcionamiento. La investigación de operaciones permite el análisis de la toma de decisiones teniendo en cuenta la escasez de recursos, para determinar cómo se puede optimizar un objetivo definido, como la maximización de los beneficios o la minimización de costes”.²¹

“Las primeras actividades formales se dieron en Inglaterra en la Segunda Guerra Mundial, cuando se encarga a un grupo de científicos ingleses el diseño de herramientas cuantitativas para el apoyo a la toma de decisiones acerca de la mejor utilización de materiales bélicos. Se presume que el nombre de Investigación de Operaciones fue dado aparentemente porque el equipo de científicos estaba llevando a cabo la actividad de Investigar Operaciones (militares). Una vez terminada la guerra las ideas utilizadas con fines bélicos fueron adaptadas para mejorar la eficiencia y la productividad del sector civil”.²²

En la actualidad los modelos de investigación de operaciones son aplicados en varios ámbitos en donde se requiera resolver un problema de naturaleza real en ingeniería y otras ciencias o sectores, esto permite a empresas u organizaciones tomar decisiones adecuadas sobre inversiones, ahorros asociados y optimización.

La investigación de operaciones se basa en soluciones en función de iteraciones, para ello existen varios métodos en los que se puede resolver, presentándose varios algoritmos de solución los cuales son aplicables basados en el tipo de variables que tiene la función objetivo. Sin embargo existen otras aplicaciones que pueden llegar a obtener resultados satisfactorios al momento de encontrar una solución, todo en función del tipo y cantidad de variables de esta función matemática que representa la optimización estudiada, para este

²¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Investigaci%C3%B3n_de_operaciones [12]

²² http://www.investigaciondeoperaciones.net/historia_de_la_investigacion_de_operaciones.html [10]

caso en particular se puede resolver las soluciones mediante la herramienta para análisis **SOLVER** en un libro de Microsoft Excel, método que es muy útil y eficaz en el caso de resolución de problemas de investigación de operaciones con pocas variables las cuales se definieron en el capítulo anterior.

Para desarrollar el modelo que represente la optimización de las inversiones frente a la calidad del servicio comercial que la Distribuidora da a sus clientes, a continuación se presentan algunas recomendaciones que la investigación de operaciones plantea para desarrollar un modelo adecuado.

3.1.1 Definición del problema y recolección de datos

Primeramente se recomienda determinar los objetivos claves para que en torno a ellos poder plantear las posibles soluciones, en cuanto a los datos estos deben ser lo suficientemente representativos para determinar la relación con el problema a resolver, la cantidad de datos deberá ser suficiente para poder analizar de mejor manera el modelo matemático del problema, en este caso se plantea como problema lo siguiente:

Que, la Distribuidora obtenga la mayor calidad en la prestación del servicio comercial frente a las inversiones realizadas en las distintas áreas y las penalizaciones que pueden ser establecidas por el ente regulador debido al incumplimiento de indicadores que miden la calidad.

3.1.2 Formulación del modelo matemático

Es necesario construir un modelo matemático que represente la esencia del problema, este modelo matemático representa la función en torno a las principales variables de decisión y que son parte fundamental para la consecución del objetivo de esta investigación, la formulación del modelo matemático dará como resultado una **función objetivo**, que es maximizar la calidad, esta función objetivo está expresada en función de variables, además se suele expresar las restricciones que pueden presentar las variables de la función objetivo, en síntesis el modelo matemático puede expresarse como el problema de elegir los valores de las variables de decisión que maximice la función objetivo. En algunos casos los problemas reales no pueden ser

representados por un solo modelo correcto, es probable que en el proceso de prueba del modelo, conduzca a la obtención de varios modelos los cuales llevaran a una representación más correcta del problema.

De manera acertada un modelo debe describir el problema en forma concisa, para poder comprender la estructura del problema ayudándonos a determinar las relaciones causa – efecto, nos indica también, qué datos son importantes para el análisis. Los modelos por lo general son representaciones aproximadas sustentadas en aproximaciones de los eventos ocurridos, por lo que se deberá tener presente que estas consideraciones representen el problema verdadero.

3.1.3 Obtención de soluciones a partir del modelo

Se realiza comúnmente mediante software de aplicación en donde se determinan soluciones a través de procesos iterativos, llegando al punto de obtener soluciones óptimas, es decir la mejor con respecto al modelo elaborado, se debe considerar que la solución óptima determinada, está en función del modelo planteado por lo que es de vital importancia tener claro que la respuesta obtenida será la más acertada a lo que se quiere determinar de acuerdo a la exactitud del problema planteado.

Obtenido la solución óptima es necesario realizar un análisis del modelo ya que analiza supuesta preguntas, como lo que pasaría con la solución óptima al considerar supuestos diferentes sobre las condiciones futuras. Por ventaja los software permiten realizar estos análisis más conocidos como análisis de sensibilidad, análisis que nos permiten determinar que parámetros del modelo son críticos, llamados también parámetros sensibles, estos parámetros son importantes, pues al tenerlos identificados nos permiten tener cuidado en asignar valores a estos parámetros para evitar distorsiones en el resultado del modelo.

Como se indicó anteriormente la solución se la determinará mediante el algoritmo SOLVER de Microsoft Excel.

3.1.4 Prueba del modelo

Cuando se desarrolla un modelo nuevo como es el caso, se debe considerar que posiblemente al inicio el modelo o metodología tenga errores, sin embargo deberá considerarse la revisión y luego de varias pruebas, establecer un modelo ideal para el problema planteado, es probable que la metodología tenga errores, sin embargo estos puedan ser ocultos o irrelevantes para la solución obtenida.

El determinar el grado de exactitud de que el modelo proporciona datos aceptables, como resultados valederos en la obtención de la calidad, serán determinados en función de la aplicación y pruebas respectivas en la realidad, esta pruebas nos darán resultados iniciales, los cuales se deberán verificar para realizar los ajustes necesarios en el modelo y poder corregir los errores que pudieron presentarse hasta eliminarlos. De echo, no todos los errores presentes en el modelo podrán ser eliminados, o representan esfuerzos considerables en el ámbito económico u operacional de la metodología, pues, sin embargo queda a decisión del elaborador del modelo, considerar que si estos errores son aceptables.

3.1.5 Programación lineal

De acuerdo a la metodología de representación de las variables mediante la regresión lineal, se obtuvo la ecuación que representa la calidad cuyos términos son lineales, es por esto que la programación lineal es el método que más se ajusta para la obtención de la solución óptima, en realidad la esencia de la metodología es asignar de la mejor manera posible, optimización de los recursos que son limitados para conseguir los mejores resultados.

La programación lineal significa que todas las funciones del modelo deben ser lineales, por lo que las variables de la función objetivo así como las restricciones que están sometidas deberán ser lineales.

“En este caso, la palabra programación no se refiere aquí a términos computacionales; en escancia es sinónimo de planeación. Por lo tanto la

programación lineal involucra la planeación de las actividades para obtener un resultado óptimo”.²³

3.1.5.1 Forma estándar del modelo de programación lineal

La forma estándar del modelo de programación lineal consiste en determinar los valores de x_1, x_2, \dots, x_n para:

$$\text{Maximizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Sujeta a las restricciones:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

y

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0,$$

Esta es la forma estándar de representar un modelo de programación lineal, por lo que cualquier circunstancia cuya formulación matemática se ajuste a este modelo, será un problema de programación lineal.

3.2 DETERMINACIÓN DE LA FUNCION OBJETIVO

Del capítulo anterior se obtuvieron ecuaciones representativas de las observaciones históricas de los cuatro indicadores que se seleccionaron como principales para describir la calidad del servicio comercial, dichas ecuaciones fueron obteniéndose mediante la regresión lineal, por lo tanto la función objetivo será la encontrada en el capítulo anterior, pues el procedimiento de regresión lineal establece la relación de cada variable con respecto a la calidad. Por lo tanto se deberá maximizar la calidad $y_t(x)$.

Maximizar la siguiente función objetivo:

$$y_t(x) = y_1(x) + y_2(x) + y_3(x) + y_4(x) \quad (24)$$

Es decir:

²³ Introducción a la Investigación de Operaciones. HILLIER FREDERICK S. and LIBERMAN GERALD J. – Mexico, McGRAY HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2006. - Vol. Octava Edición [9]

$$y_t(x) = 2,803 - 0,09945 X1 - 0,00371 X2 + 0,06263 X3 + 0,4636 X4 - 0,0639 X5 + 0,00782 X6 - 0,04099 X7 - 0,09278 X8 + 0,16249 X9 + 0,09275 X10 - 0,00532 X11 - 0,11885 X12 + 0,45777 X13 + 0,27128 X14 + 0,00319 X15 - 0,00089 X16$$

(26)

3.3 DETERMINACIÓN DE LAS RESTRICCIONES

Para establecer las correspondientes restricciones se ha determinado examinar cada índice de calidad por separado, de esta forma se dispone de un análisis más puntual de acuerdo a la situación de los procesos de la CENTROSUR, lo cual favorece la búsqueda de cada restricción, ya que se tiene límites de calidad, multas e inversiones para cada índice.

Por otra parte se debe subrayar lo siguiente, tanto las variable dependientes y todas las variables independientes de las respectivas ecuaciones se encuentran expresadas en valores por unidad, de esta manera, para guardar concordancia con el análisis es necesario que las respectivas restricciones a elegir también estén expresadas en valores en por unidad.

3.3.1 Restricciones Conexión del Servicio Eléctrico Sin Modificación de Red

Partiendo de la siguiente ecuación:

$$y_1 = 0,49373 - 0,09945 X1 - 0,00371 X2 + 0,06263 X3 + 0,4636 X4 - 0,0639 X5 + 0,00782 X6$$

(13)

Siendo:

x1: Indicador del tiempo en instalación del área urbano (días).

x2: Indicador del tiempo en instalación del área rural (días).

x3: Indicador del cumplimiento de instalaciones dentro del tiempo urbano (%).

x4: Indicador del cumplimiento de instalaciones dentro del tiempo rural (%).

x5: Penalización total por incumplimiento de los indicadores (\$).

x6: Inversiones totales realizadas para el cumplimiento de los indicadores (\$).

y1: Calidad por conexión de servicio sin modificación de red.

Las variables independientes de la ecuación y_1 son el resultado de la regresión múltiple realizada y por sus características tienen sus restricciones y podrán tener límites en su aplicación acorde a sus propiedades operativas, físicas y de

decisiones administrativas de sus gestores, pues es importante recordar que representan indicadores, como por ejemplo: para el caso de la variable x_1 que representa el tiempo en la instalación en días del servicio eléctrico en el área urbana, es necesario considerar los límites establecidos por la regulación, como es el caso de que el límite máximo no debe superar los 4 días para la etapa de aplicación en donde existe las penalizaciones, si bien se tiene un límite máximo que no se debe superar para cumplir con la regulación, no quiere decir que esta variable no tome valores más allá del límite superior, pudiendo tomar cualquier valor, no obstante por decisiones administrativas se puede establecer un tiempo máximo de atención sin que este esté dentro del cumplimiento del indicador.

Entre otras de las consideraciones de la variable x_1 , se puede precisar de que esta variable no puede ser cero ni negativa, en el primer caso porque la interpretación de que esta variable tome el valor de cero, representaría que cuando el usuario de energía cancela los valores por la conexión del servicio, en ese mismo momento, la instalación del sistema de medición debe estar realizada, hecho que no pueda darse por el proceso administrativo y operativo que conlleva en realizar la instalación; en cuanto a la restricción de no negatividad, se debe a que esta variable mide el tiempo siendo este siempre positivo.

Como se ha mencionado estas restricciones propias de la variable considerada como ejemplo, se deberá tomar en cuenta en forma similar para las otras variables y las posibles vinculaciones que puede existir entre ellas, de allí entonces las restricciones para esta primera ecuación que mide la calidad serán:

❖ **Primera Restricción:**

Para las variables x_1 y x_2 las cuales son iguales en la definición de sus métricas, solo difieren en el valor en sus indicadores propuestos, como ambas variables miden los tiempos de atención de las conexiones del servicio, se pueden plantear las siguientes restricciones:

$$\text{días } 0 \leq x_1 \leq 8 \text{ días} \quad (27)$$

$$\text{días } 0 \leq x_2 \leq 8 \text{ días} \quad (28)$$

Como definición estratégica administrativa actual, las conexiones de servicio eléctrico se las realiza lo más pronto posible luego de la cancelación de los valores, es por esto que las variables pudieran tomar valores cercanos a 0 días, y el límite superior aunque es mucho más elevado de lo que indica la regulación no puede ser mayor a 8 días, sin embargo las restricciones de las variables indicadas, inferior y superior pueden ser modificadas, de acuerdo a los administradores del proceso.

Además, se debe expresar como valores en por unidad, para lo cual los valores base a utilizar serán los mismos que se utilizaron en la regresión múltiple, se procede conforme la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Valores en p.u. primera restricción del índice conexión de servicio eléctrico sin modificación de red.

Valor base	Valor Real	Fórmula a utilizar	Restricciones en por unidad	
4 días	0 y 8 días	$Valor\ por\ unidad = \frac{Valor\ real}{Valor\ base}$	$0 \leq x_1 \leq 2$	(29)
7 días	0 y 8 días		$0 \leq x_2 \leq 1,142$	(30)

❖ Segunda restricción:

En función de los requerimientos de los clientes para nuevos servicios, no es posible clasificar el envío de las órdenes de conexión, para la ejecución de las instalaciones en área urbana y área rural, ya que no es viable controlar esta variable (dependencia del cliente). De acuerdo a la parte operativa el envío de las instalaciones se realiza considerando el área urbana y rural en un solo grupo, por lo que el tiempo de atención en conjunto, no podrá ser superior a los 8 días estipulados, en vista que el instalador tiene como máximo plazo este tiempo para realizar todas las instalaciones, con esta disposición las instalaciones en el área rural estarían también cubiertas dentro del tiempo que indica la regulación, sin embargo estos tiempos son criterios administrativos modificables; de esta forma se tiene:

$$x_1 + x_2 \leq 8 \text{ días} \quad (31)$$

En este caso para expresar en valor en por unidad se debe establecer un valor base común para las variables, lo más conveniente es realizar un promedio entre los valores base de cada variable (4 y 7 días), de esta forma se procede conforme la siguiente tabla:

Tabla 3.2: Valores en p.u. segunda restricción del índice conexión de servicio eléctrico sin modificación de red.

Valor base	Valor base promedio	Valor Real	Fórmula a utilizar	Restricciones en por unidad	(32)
4 días	5,5	8 días	$Valor\ por\ unidad = \frac{Valor\ real}{Valor\ base}$	$x_1 + x_2 \leq 1,45$	
7 días					

❖ Tercera Restricción:

Debido a que las instalaciones que se despachan para ejecutarse son del área urbana y rural al mismo tiempo, las cuales se realizan por un contratista o instalador, como decisión administrativa, se ha dispuesto que se ejecuten primero las instalaciones urbanas y posteriormente las rurales, en virtud de los tiempos a cumplir, el plazo de tiempo de la variable x_2 , tiempo medio en realizar las instalaciones en el área rural, deberá por lo menos comenzar con el período acumulado para ejecutar las instalaciones en el área urbana, para ello es necesario determinar la relación entre los tiempos de las instalaciones de las variables x_1 y x_2 ya que tendrán relación directa con la cantidad de instalaciones.

De acuerdo a la siguiente tabla, se estableció históricamente el porcentaje entre las instalaciones sin modificación de red urbanas y las rurales para el período de análisis, el cual se mantiene para otros años en forma similar, de tal forma de establecer la relación ya indicada.

Tabla 3.3: Relación porcentual de instalaciones sin modificación de red urbanas y rurales en el 2009.

[3]

AÑO	MES	TOTAL CONEXIONES (URB)	TOTAL CONEXIONES (RUR)
2009	Ene	456	85
2009	Feb	437	54
2009	Mar	698	118
2009	Abr	506	73
2009	May	506	73
2009	Jun	392	71
2009	Jul	518	63
2009	Ago	497	82
2009	Sept	435	56
2009	Oct	594	85
2009	Nov	519	55
2009	Dic	515	60
	Sub Total	6.073	875
	Total	6.948	
	%	87,41%	12,59%

De acuerdo a la proporción de instalaciones entre las dos áreas, se puede establecer una relación entre el número de conexiones urbanas y rurales, la cual indica que las instalaciones urbanas se realizan en 6,942 veces más que las instalaciones rurales, de esta manera se puede realizar una analogía con respecto al tiempo de instalación, observando que el tiempo para realizar las instalaciones urbanas de la variable x_1 es mayor 6,94 veces con respecto a la variable x_2 , por lo tanto el tiempo de ejecución de la variable x_2 se determina de la siguiente manera:

$$x_1 = 6,942 x_2 \quad (33)$$

$$x_2 = x_1 + \frac{x_1}{6,942}$$

$$x_2 = 1,144 x_1$$

$$1,144 x_1 - x_2 = 0 \quad (34)$$

❖ Cuarta Restricción:

Para las variables x_3 y x_4 , las cuales miden el porcentaje de cumplimiento de las instalaciones dentro del tiempo establecido, se consideran las siguientes restricciones:

El límite para el cumplimiento de este indicador para la no penalización es del 98% para los dos indicadores en el área urbana y rural, sin embargo los

porcentajes no podrán excederse el 100% y no disponen de límite inferior, deberá considerarse que no serán menores que cero, por lo tanto las restricciones serán:

$$0\% \leq x_3 \leq 100\% \quad (35)$$

$$0\% \leq x_4 \leq 100\% \quad (36)$$

Para expresar como valores en por unidad, se utilizaran los mismos valores base que se manejaron en la regresión múltiple, de esta forma se procede conforme la siguiente tabla:

Tabla 3.4: Valores en p.u. cuarta restricción del índice conexión de servicio eléctrico sin modificación de red.

Valor base	Valor Real	Fórmula a utilizar	Restricciones en por unidad	
98%	0 y 100%	$Valor\ por\ unidad = \frac{Valor\ real}{Valor\ base}$	$0 \leq x_3 \leq 1,02$	(37)
98%	0 y 100%		$0 \leq x_4 \leq 1,02$	(38)

❖ Quinta Restricción:

En esta ocasión se determinará la relación entre las variables que miden tiempo (x_1, x_2) y las variables que miden porcentaje (x_3, x_4), las cuales se corresponden para tabular la información de la zona urbana y rural.

En principio se analiza las variables x_1 y x_3 que miden tiempo y porcentaje respectivamente para la zona urbana, por lo cual se debe comprender el proceso y las fórmulas que se emplean para obtener los valores mensuales de cada variable, por esta razón a continuación se explica:

Que, para la variable x_1 se realiza con periodicidad mensual un promedio del tiempo total (*en días*) que se emplea para realizar el total de conexiones de los nuevos servicios que solicitan los clientes, para lo cual se procede de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$x_1 = \frac{TIC_1 + TIC_2 + TIC_3 + TIC_4 + \dots + TIC_{Nc}}{Nc} \quad (39)$$

$$x_1 = \frac{\sum_{k=1}^{N_c} TIC_k}{N_c} \quad (40)$$

Donde:

x_1 : tiempo de instalación de las solicitudes de nuevos servicios urbano.

TIC : tiempo de instalación de la conexión de nuevos servicios.

N_c : número total de conexiones de nuevos servicios realizadas en el mes.

En cuanto a la variable x_3 lo que se realiza mensualmente es obtener el porcentaje de cumplimiento de las conexiones de nuevos servicio dentro del plazo establecido, para lo cual se procede de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$x_3 = \frac{N_{cp}}{N_c} * 100 \quad (41)$$

Donde:

x_3 : Conexiones de Servicio % urbano

N_{cp} : Número de conexiones de nuevo servicio que se realizaron dentro de los plazos establecidos.

N_c : Número total de conexiones de nuevos servicios realizadas en el mes.

Como se observa, tanto en la fórmula (40) y (41) está involucrado el término N_c , este escenario permite igualar las dos fórmulas mencionadas si se despeja el término N_c respectivamente, como se indica a continuación:

$$x_1 = \frac{\sum_{k=1}^{N_c} TIC_k}{N_c} \quad (40) \quad ; \quad x_3 = \frac{N_{cp}}{N_c} * 100 \quad (41)$$

$$N_c = \frac{\sum_{k=1}^{N_c} TIC_k}{x_1} \quad ; \quad N_c = \frac{N_{cp}}{x_3} * 100$$

Igualemos las ecuaciones:

$$\frac{\sum_{k=1}^{N_c} TIC_k}{x_1} = \frac{N_{cp}}{x_3} * 100$$

Resolviendo la ecuación se obtiene la relación entre x_1 y x_3 :

$$x_1 = \frac{\sum_{k=1}^{Nc} TIC_k}{Ncp * 100} * x_3 \quad (42)$$

Simplificando:

$$x_1 = u_1 * x_3 \quad (43)$$

Donde:

$$u_1 = \frac{\sum_{k=1}^{Nc} TIC_k}{Ncp * 100} \quad (44)$$

Debido a que el término u_1 depende de TIC_k , Ncp y teniendo en cuenta que estos valores son variables con periodicidad mensual ya que dependen de los trabajos operativos y cuantas solicitudes de conexión se requieran mes a mes, se debe estimar un promedio mensual tanto del valor de TIC_k como de Ncp para la zona urbana, para lo cual se utilizan los datos históricos del año 2009 que son similares a años anteriores y que se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 3.5: Datos conexión del servicio eléctrico sin modificación de red área urbana año 2009 [3]

AÑO	MES	Nc	TIC (días)	"X1"	Ncp	"X3" (%)
2009	Ene	456	1.208	2,65	388	85%
2009	Feb	437	1.260	2,88	379	87%
2009	Mar	698	1.623	2,33	616	88%
2009	Abr	506	2.108	4,17	394	78%
2009	May	506	2.108	4,17	394	78%
2009	Jun	392	1.427	3,64	273	70%
2009	Jul	518	2.044	3,95	366	71%
2009	Ago	497	4.763	9,58	412	83%
2009	Sept	435	1.164	2,68	362	83%
2009	Oct	594	3.511	5,91	252	42%
2009	Nov	519	2.589	4,99	427	82%
2009	Dic	515	1.488	2,89	462	90%
Promedio			2.108		394	

Con los valores promedio de $TIC_k = 2108$ y $Ncp = 394$ podemos encontrar un valor promedio de u_1 como se indica a continuación:

$$u_1 = \frac{\sum_{k=1}^{Nc} TIC_k}{Ncp * 100}$$

$$u_1 = \frac{2108}{394 * 100}$$

$$u_1 = 0,0535$$

Con lo cual se establece:

$$x_1 = u_1 * x_3$$

$$x_1 = 0,0535 * x_3 \quad (45)$$

$$x_1 - 0,0535 x_3 = 0 \quad (46)$$

Se realiza exactamente el mismo análisis para las variables que corresponde a la zona rural x_2 y x_4 , de esta forma y para evitar repetir el mismo proceso matemático anterior, se parte desde la siguiente ecuación:

$$x_2 = \frac{\sum_{k=1}^{Nc} TIC_k}{Ncp * 100} * x_4 \quad (47)$$

Simplificando:

$$x_2 = u_2 * x_4 \quad (48)$$

Donde:

$$u_2 = \frac{\sum_{k=1}^{Nc} TIC_k}{Ncp * 100} \quad (49)$$

Debido a que el término u_2 depende de TIC_k y Ncp y teniendo en cuenta que estos valores son variables con periodicidad mensual, ya que dependen de los trabajos operativos y de cuantas solicitudes de conexión requieren mes a mes, se debe estimar un promedio mensual tanto del valor de TIC_k como de Ncp para la zona rural, para lo cual se utilizan los datos históricos del año 2009 que son similares a años anteriores y que se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 3.6: Datos conexión del servicio eléctrico sin modificación de red área rural año 2009. [3]

AÑO	MES	N_c	TIC (días)	"X2"	N_{cp}	"X4"
2009	Ene	85	212	2,49	78	92%
2009	Feb	54	156	2,89	49	91%
2009	Mar	118	155	1,31	116	98%
2009	Abr	73	201	2,75	64	88%
2009	May	73	201	2,75	64	88%
2009	Jun	71	227	3,20	62	87%
2009	Jul	63	186	2,95	55	87%
2009	Ago	82	157	1,91	78	95%
2009	Sept	56	156	2,79	53	100%
2009	Oct	85	480	5,65	41	48%
2009	Nov	55	152	2,76	48	87%
2009	Dic	60	128	2,13	59	98%
Promedio			201		64	

Con los valores promedio de $TIC_k = 201$ y $N_{cp} = 64$ se puede encontrar un valor promedio de u_2 como se indica a continuación:

$$u_2 = \frac{\sum_{k=1}^{N_c} TIC_k}{N_{cp} * 100}$$

$$u_2 = \frac{201}{64 * 100}$$

$$u_2 = 0,0314$$

Con lo cual se establece:

$$x_2 = u_2 * x_4$$

$$x_2 = 0,0314 * x_4 \quad (50)$$

$$x_2 - 0,0314 x_4 = 0 \quad (51)$$

❖ Sexta Restricción:

Corresponde al resultado de la regresión múltiple realizada entre variable x_5 multa total versus las variables x_1 , x_2 , x_3 , x_4 de este indicador, de esta forma se obtuvo la siguiente ecuación:

$$x_5 = -0,60302 - 0,25087 x_1 - 0,13671 x_2 - 0,99042 x_3 + 1,2931 x_4 \quad (14)$$

$$-0,60302 - 0,25087 x_1 - 0,13671 x_2 - 0,99042 x_3 + 1,2931 x_4 - x_5 = 0 \quad (52)$$

❖ **Séptima Restricción:**

Corresponde al resultado de la regresión múltiple realizada entre variable x_6 inversión versus las variables x_1, x_2, x_3, x_4 de este indicador, de esta forma se obtuvo la siguiente ecuación:

$$x_6 = 3,41797 - 0,41306 x_1 - 1,41529 x_2 + 0,32623 x_3 - 1,8676 x_4 \quad (15)$$

$$3,41797 - 0,41306 x_1 - 1,41529 x_2 + 0,32623 x_3 - 1,8676 x_4 - x_6 = 0 \quad (53)$$

❖ **Octava Restricción (No negatividad):**

Todas las variables independientes X_i que conforman la ecuación y_1 deben tener la restricción de no negatividad, conforme se explica en la siguiente tabla:

Tabla 3.7: Restricciones de no negatividad del índice conexión de servicio eléctrico sin modificación de red.

Variable	Unidad de medida	Explicación	Ecuación	
x_1	Tiempo (días)	El tiempo siempre es positivo.	$x_1 \geq 0$	(54)
x_2	Tiempo (días)	El tiempo siempre es positivo.	$x_2 \geq 0$	(55)
x_3	Porcentaje de cumplimiento (%)	Porcentaje siempre será mayor a cero y menor o igual a 100%.	$x_3 \geq 0$	(56)
x_4	Porcentaje de cumplimiento (%)	Porcentaje siempre será mayor a cero y menor o igual a 100%.	$x_4 \geq 0$	(57)
x_5	Multas por incumplimiento (\$USD)	El valor a cancelar es siempre positivo.	$x_5 \geq 0$	(58)
x_6	Inversiones realizadas (\$USD)	El valor que se invierte es siempre positivo.	$x_6 \geq 0$	(59)

❖ **Novena restricción multas e inversiones:**

En cuanto se refiere a los valores límites superiores de las multas e inversiones variables x_5, x_6 , se definió con la restricción de no negatividad los valores inferiores, en cuanto a los valores superiores, se define para las multas el valor máximo que se puede multar, en este caso es de \$ 10515,6, el cual expresado en por unidad con la misma base será:

$$x_5 \leq 1 \quad (60)$$

Y el límite superior para las inversiones se definirá de acuerdo al plan presupuestario anual que se realice, pudiendo no tener techo, sin embargo se define para este caso como el triple del promedio mensual de inversiones que se estableció como \$ 260346,18 y considerando el valor base de inversiones \$ 86782,06 se tiene en por unidad la siguiente restricción:

$$x_6 \leq 3 \quad (61)$$

3.3.2 Restricciones Conexión del Servicio Eléctrico con Modificación de Red

Partiendo de la siguiente ecuación:

$$y_2 = 0,92296 - 0,04099 X_7 - 0,09278 X_8 + 0,16249 X_9 + 0,09275 X_{10} \quad (16)$$

Siendo:

x7: Indicador del tiempo de conexión del servicio con modificación de red urbano dentro de la franja de servicio (días).

x8: Indicador del tiempo de conexión del servicio con modificación de red rural dentro de la franja de servicio (días).

x9: Multa total por incumplimiento de los tiempos en la conexión de servicio (\$).

x10: Inversión total para el cumplimiento de los indicadores para la conexión de servicio (\$).

y2: Calidad para indicador de conexión de servicio eléctrico con modificación de red.

Las variables independientes de la ecuación y_2 son el resultado de la regresión múltiple realizada y por sus características tienen sus restricciones y podrán tener límites en su aplicación acorde a sus propiedades operativas, físicas y de decisiones administrativas de sus gestores, de esta forma y similar al análisis que se realizó para el indicador anterior se presentan las siguientes restricciones:

❖ Primera restricción:

Para las variables x_7 y x_8 las cuales son iguales en lo que respecta a sus métricas, solo difieren en el valor en sus indicadores propuestos, como

ambas variables miden los tiempos de atención de las conexiones del servicio, las restricciones que se plantean no necesariamente como en el caso anterior debe ser similar a los límites establecidos, pueden por su naturaleza ser superiores, en este caso los límites para la variables x_7 y x_8 son 10 y 15 días respectivamente.

Como definición estratégica administrativa actual, las conexiones de servicio eléctrico con modificación de red se las debe realizar lo más pronto posible a la cancelación de los valores, pudiendo tomar valores muy próximos a cero días, sin embargo la realidad para este tipo de servicio, plantea primero la construcción y modificación de la red para luego instalar el sistema de medición, por esta razón se a establecido que el tiempo mínimo que demora la construcción de red es de 6 días a partir del pago del servicio, de esta forma el valor inicial de las variables indicadas no puede ser menor a este período, en cuanto al límite superior aunque es mucho más elevado de lo que indica la regulación no puede ser mayor a 25 días para ambos casos, sin embargo las restricciones de las variables indicadas, en sus limites inferior y superior pueden ser modificadas, de acuerdo a los administradores del proceso.

De manera similar, se debe expresar como valores en por unidad, para lo cual los valores base a utilizar serán los mismos que se utilizaron en la regresión múltiple, se procede conforme la siguiente tabla:

Tabla 3.8: Restricciones de variables x_7 y x_8 del índice conexión de servicio eléctrico con modificación de red.

Valor base	Valor Real	Fórmula a utilizar	Restricciones en por unidad	
10 días	6 y 25 días	$Valor\ por\ unidad = \frac{Valor\ real}{Valor\ base}$	$0,6 \leq x_7 \leq 2,5$	(62)
15 días	6 y 25 días		$0,6 \leq x_8 \leq 1,66$	(63)

❖ Segunda restricción:

En fusión de los requerimientos de los clientes para nuevos servicios con modificación de red, no es posible determinar la cantidad de instalaciones con modificación de red en área urbana y área rural, ya que no es viable controlar esta variable (dependencia del cliente). De acuerdo a la parte operativa el envío de las instalaciones se realiza considerando el área

urbana y rural en forma conjunta, similar al indicador anterior, sin embargo el tiempo de atención es mucho mayor por la construcción o modificación de la red, por lo que el tiempo máximo de atención de las variables x_7 y x_8 en conjunto, no podrá ser superior a los 25 días establecido como máximo plazo para la ejecución, es necesario considerar que estos tiempos son criterios administrativos modificables; de esta forma se tiene:

$$x_7 + x_8 \leq 25 \text{ días} \quad (64)$$

En este caso para expresar en valor en por unidad se debe establecer un valor base común para las variables, lo más conveniente es realizar un promedio entre los valores base de cada variable (10 y 15 días), de esta forma se procede conforme la siguiente tabla:

Tabla 3.9: Valores en p.u. segunda restricción del índice conexión de servicio eléctrico con modificación de red.

Valor base	Valor base promedio	Valor Real	Fórmula a utilizar	Restricciones en por unidad	(65)
10 días 15 días	12,5	25 días	$Valor \text{ por unidad} = \frac{Valor \text{ real}}{Valor \text{ base}}$	$x_7 + x_8 \leq 2$	

❖ Tercera Restricción:

Similar a la situación descrita en el índice anterior las instalaciones del área urbana y rural se despachan al mismo tiempo, primero se realizan las instalaciones urbanas y posteriormente las rurales, en virtud de los tiempos a cumplir, el plazo de tiempo de la variable x_2 , tiempo medio en realizar las instalaciones en el área rural, deberá por lo menos comenzar con el período acumulado para ejecutar las instalaciones en el área urbana, para ello es necesario determinar la relación entre los tiempos de las instalaciones de las variables x_7 y x_8 ya que tendrán relación directa con la cantidad de instalaciones.

De acuerdo a la siguiente tabla, se estableció históricamente el porcentaje entre las instalaciones con modificaciones de red tanto urbanas y las

rurales para el período de análisis, el cual se mantiene para otros años en forma similar, de tal forma de establecer la relación ya indicada.

Tabla 3.10: Relación porcentual de instalaciones con modificación de red urbana y rural en el 2009. [3]

AÑO	MES	TOTAL CONEXIONES (URB)	TOTAL CONEXIONES (RUR)
2009	Ene	6	3
2009	Feb	12	4
2009	Mar	19	2
2009	Abr	11	3
2009	May	11	3
2009	Jun	9	2
2009	Jul	8	5
2009	Ago	6	3
2009	Sept	12	5
2009	Oct	14	3
2009	Nov	10	2
2009	Dic	12	5
Sub Total		130	40
Total		170	
%		76,47	23,53

De acuerdo a la proporción de instalaciones entre las dos áreas, se puede establecer una relación entre el número de conexiones urbanas y rurales, la cual indica que las instalaciones urbanas se realizan en 3,249 veces más que las instalaciones rurales, de esta manera se puede realizar una analogía con respecto al tiempo de instalación, observando que el tiempo para realizar las instalaciones urbanas de la variable x_7 es mayor 3,249 veces con respecto a la variable x_8 , por lo tanto el tiempo de ejecución de la variable x_8 se determina de la siguiente manera:

$$x_7 = 3,249 x_8 \quad (66)$$

$$x_8 = x_7 + \frac{x_7}{3,294}$$

$$x_8 = 1,3035 x_7$$

$$1,3035 x_7 - x_8 = 0 \quad (67)$$

❖ Cuarta Restricción:

Pertenece al resultado de la regresión múltiple realizada entre variable x_9 multa total versus las variables x_7 , x_8 de este indicador, de esta forma se obtuvo la siguiente ecuación:

$$x_9 = -0,53927 - 0,04389 x_7 - 0,07423 x_8 \quad (17)$$

$$-0,53927 - 0,04389 x_7 - 0,07423 x_8 - x_9 = 0 \quad (68)$$

❖ Quinta Restricción:

Corresponde al resultado de la regresión múltiple realizada entre variable x_{10} inversión versus las variables x_7 , x_8 de este indicador, de esta forma se obtuvo la siguiente ecuación:

$$x_{10} = 0,999 - 0,1183 x_7 + 0,23359 x_8 \quad (18)$$

$$0,999 - 0,1183 x_7 + 0,23359 x_8 - x_{10} = 0 \quad (69)$$

❖ Sexta Restricción (No negatividad):

Todas las variables independientes X_i que conforman la ecuación y_2 deben tener la restricción de no negatividad, conforme se explica en la siguiente tabla:

Tabla 3.11: Restricciones de no negatividad del índice conexión de servicio eléctrico con modificación de red.

Variable	Unidad de medida	Explicación	Ecuación	
x_7	Tiempo (días)	El tiempo siempre es positivo.	$x_7 \geq 0$	(70)
x_8	Tiempo (días)	El tiempo siempre es positivo.	$x_8 \geq 0$	(71)
x_9	Multas por incumplimiento (\$USD)	El valor a cancelar es siempre positivo.	$x_9 \geq 0$	(72)
x_{10}	Inversiones realizadas (\$USD)	El valor que se invierte es siempre positivo.	$x_{10} \geq 0$	(73)

❖ Séptima Restricción multas e inversiones:

En cuanto se refiere a los valores límites superiores de las multas e inversiones variables x_9 , x_{10} , se definió con la restricción de no negatividad los valores inferiores, en cuanto a los valores superiores, se define para las multas el valor máximo que se puede multar, en este caso es de \$ 5257,15, el cual expresado en por unidad con la misma base será:

$$x_9 \leq 1 \quad (74)$$

Considérese el mismo criterio en cuanto a la definición del techo de las inversiones, para este caso se define como el doble de la inversión promedio mensual establecido en \$ 39640,30 y con el valor base de inversiones de \$ 19820,15 se tiene en por unidad la siguiente restricción

$$x_{10} \leq 2 \quad (75)$$

3.3.3 Restricciones Restablecimiento del Servicio Suspendido por Falta de Pago Área Urbana y Rural

Partiendo de la siguiente ecuación:

$$y_3 = 0,38688 - 0,00532 X_{11} - 0,11885 X_{12} + 0,45777 X_{13} + 0,27128 X_{14} + 0,00319 X_{15} - 0,00089 X_{16} \quad (19)$$

Siendo:

x_{11} : Indicador del tiempo de restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago en urbano (horas).

x_{12} : Indicador del tiempo de restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago en rural (horas).

x_{13} : Indicador de cumplimiento de la cantidad de rehabilitaciones dentro del plazo en área urbano (%).

x_{14} : Indicador de cumplimiento de la cantidad de rehabilitaciones dentro del plazo en área rural (%).

x_{15} : Multa total por incumplimiento de los indicadores por rehabilitación de servicio (\$).

x_{16} : Inversión total para cumplimiento de indicadores (\$).

y_3 : Calidad para indicador de rehabilitación de servicio suspendido por falta de pago.

Las variables independientes de la ecuación y_3 son el resultado de la regresión múltiple realizada y por sus características tienen sus restricciones y podrán tener límites en su aplicación acorde a sus propiedades operativas, físicas y de decisiones administrativas de sus gestores, de esta forma y similar al análisis que se realizó para los indicadores anteriores se presentan las siguientes restricciones:

❖ **Primera restricción:**

Para las variables x_{11} y x_{12} las cuales son iguales en lo que respecta a sus métricas, solo difieren en el valor en sus indicadores propuestos, como ambas variables miden los tiempos de atención de las reconexiones del servicio, se pueden plantear las siguientes restricciones:

$$hora\ 1 \leq x_{11} \leq 10\ horas \quad (76)$$

$$hora\ 1 \leq x_{12} \leq 24\ horas \quad (77)$$

Como definición estratégica administrativa actual, las reconexiones de servicio eléctrico se las realiza a más tardar a la siguiente hora de la cancelación de los valores, es por esto que las variables no pueden tomar valores menores a 1 hora, y el límite superior aunque es mucho más elevado de lo que indica la regulación no puede ser mayor a 24 horas para el límite urbano y 36 horas para el límite rural, sin embargo las restricciones de las variables indicadas, inferior y superior pueden ser modificadas, de acuerdo a los administradores del proceso.

Además, se debe expresar como valores en por unidad, para lo cual los valores base a utilizar serán los mismos que se utilizaron en la regresión múltiple, se procede conforme la siguiente tabla:

Tabla 3.12: Valores en p.u. primera restricción del índice conexión de servicio eléctrico sin modificación de red.

Valor base	Valor Real	Fórmula a utilizar	Restricciones en por unidad	
10 horas	1 y 24 horas	$Valor\ por\ unidad = \frac{Valor\ real}{Valor\ base}$	$0,1 \leq x_{11} \leq 2,4$	(78)
24 horas	1 y 36 horas		$0,1 \leq x_{12} \leq 3,6$	(79)

❖ Segunda restricción:

En fusión de las reconexiones que se deben realizar de los clientes que cancelaron la factura adeudada, a diferencia de los casos anteriores, se puede planificar los sectores de corte, es decir solo se cortarán en el área rural o solo en la urbana, lo que impediría que exista una prioridad por el tiempo de reconexión sino solo se tendría límites para cada indicador en forma individual, sin embargo para ejemplificar una relación entre reconexiones conjuntas es decir área urbana y rural, se establecerá una restricción adicional que vincule las reconexiones en ambos sectores, por lo tanto por el tiempo límite más corto para el cumplimiento en el área urbana, se establece que primero se realice las reconexiones en este sector y posterior a este se las realice en el área rural, por lo que el tiempo de atención en conjunto, no podrá ser superior a las 36 horas establecidas como tiempo máximo de atención, en vista que el electricista tiene como máximo plazo este tiempo para realizar todas las reconexiones; de esta forma se tiene:

$$x_{11} + x_{12} \leq 36 \text{ horas} \quad (80)$$

En este caso para expresar en valor en por unidad se debe establecer un valor base común para las variables, lo más conveniente es realizar un promedio entre los valores base de cada variable (10 y 36 horas), de esta forma se procede conforme la siguiente tabla:

Tabla 3.13: Valores en p.u. segunda restricción del índice conexión de servicio eléctrico sin modificación de red.

Valor base	Valor base promedio	Valor Real	Fórmula a utilizar	Restricciones en por unidad	(81)
10 horas 24 horas	17	36 horas	$Valor\ por\ unidad = \frac{Valor\ real}{Valor\ base}$	$x_1 + x_2 \leq 2,117$	

❖ Tercera Restricción:

Debido a que las reconexiones que se despachan para ejecutarse, área urbana y rural al mismo tiempo, las cuales se realizan por un contratista o instalador, como decisión administrativa, se ha dispuesto que se ejecute primero las reconexiones urbanas y posteriormente las rurales, el plazo de tiempo de la variable x_{12} , tiempo medio en realizar las reconexiones en el área rural, deberá por lo menos comenzar con el período acumulado para ejecutar las reconexiones en el área urbana, para ello es necesario determinar la relación entre los tiempos de las reconexiones de las variables x_{11} y x_{12} .

En la siguiente tabla, se dispone del tiempo total empleado en realizar las reconexiones urbanas y rurales, para el período de análisis, el cual se mantiene para otros años en forma similar, de tal forma poder establecer la relación ya indicada.

Tabla 3. 14: Relación porcentual del tiempo utilizado para reconexiones de suministro suspendido por falta de pago áreas urbana y rural. [3]

AÑO	MES	TOTAL DE HORAS (URB)	TOTAL DE HORAS (RUR)
2009	Ene	42.986	5.290
2009	Feb	41.726	4.694
2009	Mar	42.445	9.159
2009	Abr	34.248	4.512
2009	May	34.248	4.512
2009	Jun	9.304	97
2009	Jul	34.248	4512
2009	Ago	25.059	5.218
2009	Sept	40.341	1.636
2009	Oct	36.655	4.764
2009	Nov	38.617	6.037
2009	Dic	31.100	3.710
Sub Total		410.977	54.140
Total		465117	
%		88,36	11,64

De acuerdo a la proporción de tiempo utilizado entre las dos áreas, se puede establecer una relación directa, la cual indica que el tiempo que se emplea para realizar las reconexiones urbanas es 7,59 veces mayor al tiempo que se utiliza en las reconexiones rurales, de esta manera el tiempo para realizar las instalaciones urbanas de la variable x_{11} es mayor 7,59 veces con respecto a la variable x_{12} , por lo tanto:

$$x_{11} = 7,59 x_{12} \quad (82)$$

$$x_{12} = x_{11} + \frac{x_{11}}{7,59}$$

$$x_{12} = 1,131 x_{11}$$

$$1,131 x_{11} - x_{12} = 0 \quad (83)$$

❖ **Cuarta restricción:**

Para las variables x_{13} y x_{14} , las cuales miden el porcentaje de cumplimiento de las reconexiones dentro del tiempo establecido, se consideran las siguientes restricciones:

El límite para el cumplimiento de este indicador para la no penalización es del 97% para el área urbana y del 95% para el área rural, sin embargo obviamente los porcentajes no podrán excederse el 100% y podrán tener valores desde 0% de cumplimiento ya que su proceso operativo lo permite, por lo que las restricciones serán:

$$0\% \leq x_{13} \leq 100\% \quad (84)$$

$$0\% \leq x_{14} \leq 100\% \quad (85)$$

Para expresar como valores en por unidad, se utilizaran los mismos valores base que se manejaron en la regresión múltiple, de esta forma se procede conforme la siguiente tabla:

Tabla 3.15: Valores en p.u. cuarta restricción del índice conexión de servicio eléctrico sin modificación de red.

Valor base	Valor Real	Fórmula a utilizar	Restricciones en por unidad	
97%	0 y 100%	$Valor\ por\ unidad = \frac{Valor\ real}{Valor\ base}$	$0 \leq x_{13} \leq 1,03$	(86)
95%	0 y 100%		$0 \leq x_{14} \leq 1,05$	(87)

❖ **Quinta Restricción:**

En esta quinta restricción se determinará la relación entre las variables que miden tiempo (x_{11} , x_{12}) y las variables que miden porcentaje de cumplimiento (x_{13} , x_{14}), esta relación se obtiene basado en los registros históricos.

Se analiza las variables x_{11} y x_{13} que miden tiempo y porcentaje respectivamente para la zona urbana, por lo cual se debe comprender el proceso y las fórmulas que se emplean para obtener los valores mensuales de cada variable, por esta razón a continuación se explica:

Que, para la variable x_{11} se realiza con periodicidad mensual un promedio del tiempo total (*en horas*) que se emplea para realizar el total de reconexiones de suministro suspendido por falta de pago, para lo cual se procede de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$x_{11} = \frac{TR_1 + TR_2 + TR_3 + TR_4 + \dots + TR_{Nrs}}{Nrs} \quad (88)$$

$$x_{11} = \frac{\sum_{k=1}^{Nrs} TR_k}{Nrs} \quad (89)$$

Donde:

x_{11} : tiempo de instalacion de las solicitudes de nuevos servicios urbano.

TR : tiempo empleado en la reconexion de suministro por falta de pago .

Nrs : número de rehabilitaciones de suministro realizadas en el mes.

En cuanto a la variable x_{13} lo que se realiza mensualmente es obtener el porcentaje de cumplimiento de las reconexiones de suministro por falta de pago realizadas dentro del plazo establecido, para lo cual se procede de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$x_{13} = \frac{Nrp}{Nrs} * 100 \quad (90)$$

Donde:

x_{13} : indicador de cumplimiento de la cantidad de rehabilitaciones dentro del plazo en área urbano (%).

Nrp : número de rehabilitaciones de suministro realizadas dentro de los plazos establecidos.

Nrs : número de rehabilitaciones de suministro realizadas en el mes.

Como se observa, tanto en la fórmula (89) y (90) está involucrado el término Nrs , este escenario permite igualar las dos fórmulas mencionadas si se despeja el término Nrs respectivamente, como se indica a continuación:

$$x_{11} = \frac{\sum_{k=1}^{Nrs} TR_k}{Nrs} \quad (89) \quad ; \quad x_{13} = \frac{Nrp}{Nrs} * 100 \quad (90)$$

$$Nrs = \frac{\sum_{k=1}^{Nrs} TR_k}{x_{11}} \quad ; \quad Nrs = \frac{Nrp}{x_{13}} * 100$$

Iguualamos las ecuaciones:

$$\frac{\sum_{k=1}^{Nrs} TR_k}{x_{11}} = \frac{Nrp}{x_{13}} * 100$$

Resolviendo la ecuación se obtiene la relación entre x_{11} y x_{13} :

$$x_{11} = \frac{\sum_{k=1}^{Nrs} TR_k}{Nrp * 100} * x_{13} \quad (91)$$

Simplificando:

$$x_{11} = u_3 * x_{13} \quad (92)$$

Donde:

$$u_3 = \frac{\sum_{k=1}^{Nrs} TR_k}{Nrp * 100} \quad (93)$$

Debido a que el término u_3 depende de TR_k y Nrp y teniendo en cuenta que estos valores son variables con periodicidad mensual debido a que dependen de los trabajos operativos y cuantas órdenes de reconexión de suministro por falta de pago existan al mes, se debe estimar un promedio mensual tanto del valor de TR_k como de Nrp para el área urbana, para lo cual se utilizan los datos históricos del año 2009 que son similares a años anteriores y que se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 3.16: Datos reconexión del suministro por falta de pago para el área urbana año 2009. [3]

AÑO	MES	Nrs	TR	"X11"	Nrp	"X13"
2009	Ene	2.557	42.986	16,81	1.359	53%
2009	Feb	2.514	41.726	16,60	1.393	55%
2009	Mar	2.788	42.445	15,22	1.683	60%
2009	Abr	2.278	34.248	15,03	1.307	57%
2009	May	2.278	34.248	15,03	1.307	57%
2009	Jun	766	9.304	12,15	437	57%
2009	Jul	2.278	34.248	15,03	1.307	57%
2009	Ago	1.732	25.059	14,47	994	57%
2009	Sept	3.101	40.341	13,01	1.964	63%
2009	Oct	2.426	36.655	15,11	1.368	56%
2009	Nov	2.623	38.617	14,72	1.519	58%
2009	Dic	1.993	31.100	15,60	1.043	52%
Promedio			34.248		1.307	

Con los valores promedio de $TR_k = 34248$ y $Nrp = 1307$ se puede encontrar un valor promedio de u_3 como se indica a continuación:

$$u_3 = \frac{\sum_{k=1}^{Nrs} TR_k}{Nrp * 100}$$

$$u_3 = \frac{34248}{1307 * 100}$$

$$u_3 = 0,262$$

Con lo cual se establece:

$$x_{11} = u_3 * x_{13}$$

$$x_{11} = 0,262 * x_{13} \quad (94)$$

$$x_{11} - 0,262x_{13} = 0 \quad (95)$$

Se realiza exactamente el mismo análisis para las variables que corresponde a la zona rural x_{12} y x_{14} , así tenemos:

$$x_{12} = \frac{\sum_{k=1}^{Nrs} TR_k}{Nrp * 100} * x_{14} \quad (96)$$

Simplificando:

$$x_{12} = u_4 * x_{14} \quad (97)$$

Donde:

$$u_4 = \frac{\sum_{k=1}^{Nrs} TR_k}{Nrp * 100} \quad (98)$$

Debido a que el término u_4 depende de TR_k y Nrp y teniendo en cuenta que estos valores son variables con periodicidad mensual debido a que dependen de los trabajos operativos y cuantas órdenes de reconexión de suministro por falta de pago se demanden mes a mes, se debe estimar un promedio mensual tanto del valor de TR_k como de Nrp para el área rural, para lo cual se utilizan los datos históricos del año 2009 que son similares a años anteriores y que se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 3 17: Datos reconexión del suministro por falta de pago para el área rural año 2009. [3]

AÑO	MES	Nrs	TR	"X12"	Nrp	"X14"
2009	Ene	147	5.290	35,99	110	75%
2009	Feb	181	4.694	25,93	149	82%
2009	Mar	218	9.159	42,01	116	53%
2009	Abr	149	4.512	30,28	113	76%
2009	May	149	4.512	30,28	113	76%
2009	Jun	8	97	12,08	7	88%
2009	Jul	149	4512	30,28	113	76%
2009	Ago	151	5.218	34,56	106	70%
2009	Sept	96	1.636	17,05	87	91%
2009	Oct	214	4.764	22,26	184	86%
2009	Nov	221	6.037	27,32	176	80%
2009	Dic	105	3.710	35,33	82	78%
Promedio			4.512		113	

Con los valores promedio de $TR_k = 4512$ y $Nrp = 113$ se puede encontrar un valor promedio de u_4 como se indica a continuación:

$$u_4 = \frac{\sum_{k=1}^{Nrs} TR_k}{Nrp * 100}$$

$$u_4 = \frac{4512}{113 * 100}$$

$$u_4 = 0,4$$

Con lo cual se establece:

$$x_{12} = u_4 * x_{14}$$

$$x_{12} = 0,4 * x_{14} \quad (99)$$

$$x_{12} - 0,4 x_{14} = 0 \quad (100)$$

❖ **Sexta Restricción:**

Corresponde al resultado de la regresión múltiple realizada entre variable x_{15} , multa total versus las variables x_{11} , x_{12} , x_{13} , x_{14} de este indicador, de esta forma se obtuvo la siguiente ecuación:

$$x_{15} = -0,61659 - 0,14052 x_{11} - 0,22597 x_{12} + 0,28832 x_{13} - 0,01459 x_{14} \quad (20)$$

$$-0,61659 - 0,14052 x_{11} - 0,22597 x_{12} + 0,28832 x_{13} - 0,01459 x_{14} - x_{15} = 0 \quad (101)$$

❖ **Séptima Restricción:**

Corresponde al resultado de la regresión múltiple realizada entre variable x_{16} inversión versus las variables x_{11} , x_{12} , x_{13} , x_{14} de este indicador, de esta forma se obtuvo la siguiente ecuación:

$$x_{16} = -6,35961 + 1,63956 x_{11} + 0,23359 x_{12} + 6,41492 x_{13} + 0,85793 x_{14} \quad (21)$$

$$-6,35961 + 1,63956 x_{11} + 0,23359 x_{12} + 6,41492 x_{13} + 0,85793 x_{14} - x_{16} = 0 \quad (102)$$

❖ **Octava Restricción (No negatividad):**

Todas las variables independientes X_i que conforman la ecuación y_3 deben tener la restricción de no negatividad, conforme se explica en la siguiente tabla:

Tabla 3.18: Restricciones de no negatividad del índice conexión de servicio eléctrico sin modificación de red.

Variable	Unidad de medida	Explicación	Ecuación	
x_{13}	Porcentaje de cumplimiento (%)	Porcentaje siempre será mayor a cero y menor o igual a 100%.	$x_{13} \geq 0$	(103)
x_{14}	Porcentaje de cumplimiento (%)	Porcentaje siempre será mayor a cero y menor o igual a 100%.	$x_{14} \geq 0$	(104)
x_{15}	Multas por incumplimiento (\$USD)	El valor a cancelar es siempre positivo.	$x_{15} \geq 0$	(105)
x_{16}	Inversiones realizadas (\$USD)	El valor que se invierte es siempre positivo.	$x_{16} \geq 0$	(106)

❖ Novena Restricción multas e inversiones:

En cuanto se refiere a los valores límites superiores de las multas e inversiones variables x_{15}, x_{16} , se definió con la restricción de no negatividad los valores inferiores, en cuanto a los valores superiores, se define para las multas el valor máximo que se puede multar, en este caso es de \$ 10515,60, el cual expresado en por unidad con la misma base será:

$$x_{15} \leq 1 \quad (107)$$

Considérese el mismo criterio en cuanto a la definición del techo de las inversiones, para este caso se define como el doble de la inversión promedio mensual de establecido en \$ 116661,64 y con el valor base de inversiones de \$ 58330,82 se tiene en por unidad la siguiente restricción:

$$x_{16} \leq 2 \quad (108)$$

3.3.4 Restricciones Calidad de Facturación

Partiendo de la siguiente ecuación:

$$y_4 = 25 \quad (22)$$

De acuerdo a los resultados del índice de calidad de facturación que indican un cumplimiento total, es decir que el Porcentaje de Errores de Facturación (PEF) no es mayor al 2%, no hace falta realizar optimización alguna. Si se expresa en por unidad considerando la base para la calidad de facturación de 25, será:

$$y_4=1$$

(23)

3.4 SOLUCION DE LA FUNCION OBJETIVO OBTENCION DE LA MAXIMA CALIDAD DE SERVICIO COMERCIAL

Una vez determinada la función objetivo y todas las restricciones a la que está sujeta, en este punto se debe determinar la solución del problema. Mediante la aplicación SOLVER de Microsoft Excel se realizará la MAXIMIZACION de la función objetivo.



Gráfico 3.1 : Pasos para obtener la maximización de la calidad de servicio comercial

La solución que se plantea en este caso representa la obtención de la mayor calidad de servicio comercial, pero sin considerar los puntos óptimos referidos a la inversión, es decir se presenta un escenario en donde no existen multas lo cual indica un cumplimiento total tanto de tiempos y porcentaje que se exigen en la regulación.

Dado que la función objetivo y restricción están planteadas en valores en por unidad, los resultados que se obtengan también estarán dados en valores en por unidad, de esta forma para regresar a los valores reales, simplemente se deberá multiplicar cada valor en por unidad por su respectivo valor base.

Por otra parte, durante todo este estudio se ha trabajado independientemente cada índice, por lo cual se ha encontrado cuatro funciones objetivo y_1 , y_2 , y_3 , y_4 que sumadas resulta y_t , que es la función objetivo total, al ser una

sumatoria directa se puede realizar la maximización considerando la función objetivo total y_t , de tal forma obtener la calidad global.

Se procede de la siguiente manera:

Función Objetivo:

$$y_t(x) = 2,803 - 0,09945 X1 - 0,00371 X2 + 0,06263 X3 + 0,4636 X4 - 0,0639 X5 \\ + 0,00782 X6 - 0,04099 X7 - 0,09278 X8 + 0,16249 X9 + 0,09275 X10 \\ - 0,00532 X11 - 0,11885 X12 + 0,45777 X13 + 0,27128 X14 \\ + 0,00319 X15 - 0,00089 X16$$

(26)

Sujeto a las siguientes restricciones:

Tabla 3.19: Resumen de restricciones de los índices

RESTRICCIONES	
Conexión del Servicio Eléctrico Sin Modificación de Red	
1	$x1 \leq 2$
2	$x2 \leq 1,142$
3	$x1 + x2 \leq 1,45$
4	$1,144x1 - x2 = 0$
5	$x3 \leq 1,02$
6	$x4 \leq 1,02$
7	$x1 - 0,0535 x3 = 0$
8	$x2 - 0,0314 x4 = 0$
9	$-0,60302 - 0,25087 x1 - 0,13671 x2 - 0,99042 x3 + 1,2931 x4 - x5 = 0$
10	$3,41797 - 0,41306 x1 - 1,41529 x2 + 0,32623 x3 - 1,8676 x4 - x6 = 0$
11	$x1 \geq 0$
12	$x2 \geq 0$
13	$x3 \geq 0$
14	$x4 \geq 0$
15	$x5 \geq 0$
16	$x6 \geq 0$
17	$x5 \leq 1$
18	$x6 \leq 3$
Conexión del Servicio Eléctrico Con Modificación de Red	
19	$x7 \leq 2,5$
20	$x8 \leq 1,660$
21	$x7 + x8 \leq 2$

22	$1,3035x_7 - x_8 = 0$
23	$-0,53927 - 0,04389 x_7 - 0,07423 x_8 - x_9 = 0$
24	$0,999 - 0,1183 x_7 + 0,23359 x_8 - x_{10} = 0$
25	$x_7 \geq 0,6$
26	$x_8 \geq 0,6$
27	$x_9 \geq 0$
28	$x_{10} \geq 0$
29	$x_9 \leq 1$
30	$x_{10} \leq 2$
Restablecimiento del servicio suspendido por falta	
31	$x_{11} \leq 2,4$
32	$x_{12} \leq 3,6$
33	$x_{11} + x_{12} \leq 2,117$
34	$1,131x_{11} - x_{12} = 0$
35	$x_{13} \leq 1,03$
36	$x_{14} \leq 1,05$
37	$x_{11} - 0,262x_{13} = 0$
38	$x_{12} - 0,4x_{14} = 0$
39	$-0,61659 - 0,14052x_{11} - 0,22597x_{12} + 0,28832x_{13} - 0,01459x_{14} - x_{15} = 0$
40	$-6,35961 + 1,63956x_{11} + 0,23359x_{12} + 6,41492x_{13} + 0,85793x_{14} - x_{16} = 0$
41	$x_{11} \geq 0,1$
42	$x_{12} \geq 0,1$
43	$x_{13} \geq 0$
44	$x_{14} \geq 0$
45	$x_{15} \geq 0$
46	$x_{16} \geq 0$
47	$x_{15} \leq 1$
48	$x_{16} \leq 2$

No existen restricciones para la calidad de la facturación, en vista de que existe cumplimiento de la calidad. Aplicando el Comando SOLVER:

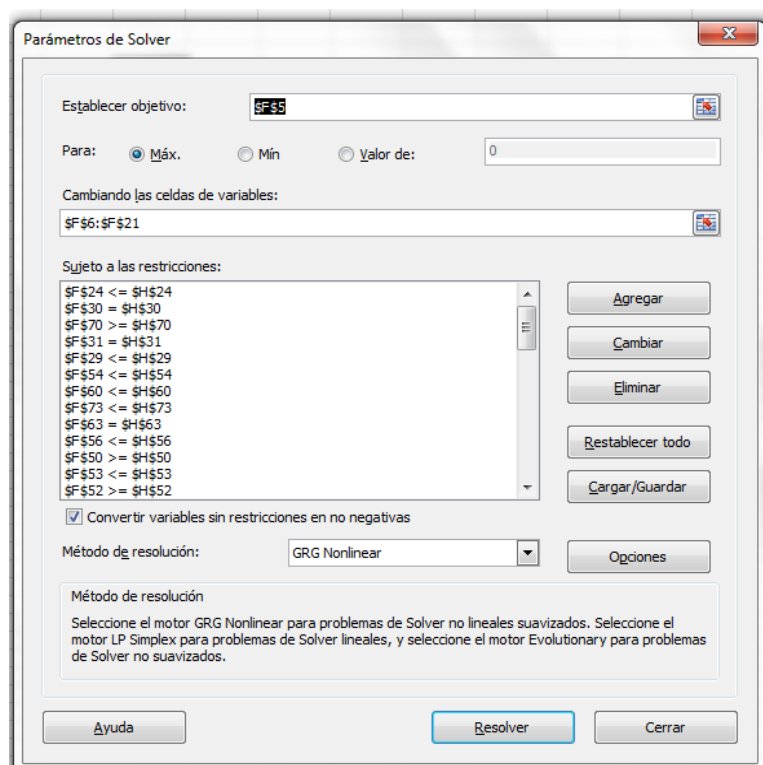


Gráfico 3.2: Parámetros de SOLVER para obtener la máxima calidad de servicio comercial

La solución presenta los siguientes resultados:

Tabla 3.20: Resultados de solución de la función objetivo

Variable	Valor p.u.	Valor base	Valor real
$y_t =$	3,8485207	25	96,2130175
<u>Conexión del servicio sin modificación de red</u>			
$x1=$	0,02138985	4	0,0855594
$x2=$	0,02446999	7	0,17128993
$x3=$	0,39981024	98	39,1814035
$x4=$	0,77929891	98	76,3712932
$x5=$	0	10515,60	0
$x6=$	2,04951404	86782,06	177861,05
<u>Conexión del servicio con modificación de red</u>			
$x7=$	0,6	10	6
$x8=$	0,7821	15	11,7315
$x9=$	0	5257,15	0
$x10=$	1,11071074	19820,15	22014,4535
$x11=$	0,26986	10	2,6986
<u>Reconexión del servicio por falta de pago</u>			
$x12=$	0,30521166	24	7,32507984
$x13=$	1,03	97	99,91
$x14=$	0,76302915	95	72,4877693
$x15=$	0	10515,60	0
$x16=$	1,41612925	58330,82	82603,9804

Como se observa en la tabla anterior las variables x_5 , x_9 , x_{15} son cero, es decir no existen multas, esta situación indica que la calidad del servicio comercial es máxima, ya que no se penaliza en ningún índice, pero se requiere una gran inversión x_6 , x_{10} , x_{16} , lo cual no se considera óptimo, ya que el objetivo del presente trabajo establece maximizar la calidad en la prestación del servicio comercial, optimizando las inversiones realizadas. Si bien el objetivo de este estudio es optimizar la calidad del servicio comercial, se lo debe hacer a un costo razonable, puesto que la Empresa dispone de un presupuesto limitado para este ámbito.



**“SE TIENE UNA CALIDAD DE SERVICIO COMERCIAL MÁXIMA A UN
COSTO ELEVADO”**

En consecuencia se debe analizar qué solución representa lo más óptimo para la Empresa, lo cual se realizará en el siguiente capítulo en donde se plantean diferentes escenarios de inversión, con el objetivo justamente de perfeccionar la solución.

CAPITULO IV: PLAN DE INVERSIONES

ENFOQUE

El objetivo de este capítulo, es el de interpretar los resultados obtenidos en la metodología planteada, así como validar la propuesta, comparando con los indicadores reales de años posteriores al 2009 con respecto a las inversiones reales realizadas, de tal forma de comparar las diferencia entre los valores reales y los estimados, avalando el procedimiento empleado en esta metodología con la finalidad de que sea una herramienta confiable a consideración de otras empresas, para la mejora de los indicadores relacionados con los servicios a sus clientes, herramienta que puede servir para realizar el análisis de inversiones en otros indicadores, los cuales pueden ser comerciales, o técnicos de acuerdo a la regulación establecida a las Distribuidoras.

En primera instancia, a partir de los resultados obtenidos de la optimización y del plan de inversiones desarrollado, se realizará un análisis de resultados obtenidos, posteriormente se evaluará el Beneficio/Costo de las inversiones óptimas, seguido por la validación de la propuesta, comparando los resultados obtenidos con los reales y se realizará una comparación de resultados que sintetizan los logros alcanzados en esta investigación.

4.1 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

En esta parte, se realizará la validación de la propuesta desarrollada, en donde se comprobará los resultados obtenidos en esta investigación, con los valores reales históricos obtenidos de los indicadores, multas e inversiones de los años 2010 y 2011, variables que nos permitirán determinar la calidad real contra la obtenida en la simulación realizada para el año 2009, de esta forma se podrá ver la desviación que presente la calidad en los dos próximos años, calidad real de acuerdo a los indicadores versus calidad calculada de la simulación.

Se debe realizar la validación, pues esta investigación constituye una herramienta para la toma de decisiones de los administradores de las Empresas Distribuidoras, en donde se comprometen inversiones para prestar sus servicios a sus clientes, servicios que deben ser de calidad, optimizando los recursos disponibles y que se encaminan a la mejora continua de procesos creados para dar los servicios. De tal forma que la metodología planteada pueda considerarse para evaluar otros indicadores comerciales o técnicos.

Se ha realizado la recopilación de los indicadores reales reportados al Regulador en los períodos indicados, los cuales se muestran a continuación:

4.1.1 Indicadores de Nuevos Servicios sin Modificación de Red

Se presenta una tabla resumen de este indicador para los años a considerar, en esta tabla se encuentra los indicadores reales que la CENTROSUR reportó al regulador, así como se detalla las multas que el regulador puede tener y las inversiones realizadas, se calcula la calidad considerando solo las variables reales, realizando una comparación con respecto a los límites máximos de los indicadores para la obtención de máxima calidad y se la compara con el cálculo considerando la ecuación que se determinó para la calidad en el año 2009, ecuación que representa la calidad y en donde se reemplaza los valores reales de los indicadores, multas e inversiones, a continuación, la ecuación mencionada para determinar la calidad y el resultado comparativo en porcentaje de desvío entre la calidad real y la calculada:

$$y_1 = 0,49373 - 0,09945 X_1 - 0,00371 X_2 + 0,06263 X_3 + 0,4636 X_4 - 0,0639 X_5 + 0,00782 X_6$$

(13)

Tabla 4.1: Error porcentual de la calidad real versus la calculada para el año 2010 (conexión del servicio eléctrico sin modificación de red). [3]

MES	TIEMPO URBANO "x1"	TIEMPO RURAL "x2"	% CUMPLIMIENTO URBANO "x3"	% CUMPLIMIENTO RURAL "x4"	MULTA TOTAL "x5"	INVERSIÓN TOTAL \$ "x6"	%CALIDAD "y1"	%CALIDAD "y1" CALCULADA	ERROR %
Ene	1,51	1,16	0,49	0,27	-1,00	0,87	0,571	0,565	-0,91%
Feb	4,86	2,63	0,21	0,23	-1,00	0,92	0,258	0,193	-24,95%
Mar	1,48	0,50	0,60	0,88	-0,75	0,91	0,789	0,845	7,05%
Abr	0,48	0,33	0,96	0,98	-0,50	0,52	0,986	0,997	1,04%
May	0,64	0,18	0,94	1,02	-0,25	0,63	0,985	0,981	-0,50%
Jun	0,50	0,52	0,95	0,85	-0,50	0,97	0,951	0,934	-1,69%
Jul	0,59	0,36	0,93	0,99	-0,50	1,05	0,979	0,992	1,27%
Ago	0,71	0,39	0,84	0,91	-0,50	0,72	0,938	0,934	-0,43%
Sept	0,50	0,40	0,94	0,92	-0,50	0,76	0,964	0,965	0,06%
Oct	1,42	0,26	0,87	0,98	-0,75	1,25	0,889	0,919	3,40%
Nov	0,80	0,47	0,77	0,92	-0,50	0,84	0,922	0,924	0,21%
Dic	0,68	0,32	0,90	0,97	-0,50	1,33	0,967	0,973	0,55%

Se puede observar que el resultado de la desviación del cálculo de la calidad (error %) con los valores reales, en la mayor parte del año la desviación en más o menos, es mínima comparada con la real, (valor promedio de desviación por debajo del valor real es del 0.88% y valor promedio por encima del valor real es de 1.98%) por lo que se puede decir que la ecuación encontrada es representativa para el cálculo de la calidad.

En el cuadro resumen, existe un valor atípico en donde la desviación es grande, sin embargo se deberá considerar mayores datos o ajustes a la regresión para que la ecuación a determinar tenga menores valores atípicos.

Para la validación también se ha considerado a más del año 2010, el comportamiento de los indicadores frente a las inversiones para medir la calidad del año 2011, con las mismas consideraciones indicadas, la comparación se presenta a continuación:

Tabla 4.2: Error porcentual de la calidad real versus la calculada para el año 2011 (conexión del servicio eléctrico sin modificación de red). [3]

MES	TIEMPO URBANO "x1"	TIEMPO RURAL "x2"	% CUMPLIMIENTO URBANO "x3"	% CUMPLIMIENTO RURAL "x4"	MULTA TOTAL "x5"	INVERSIÓN TOTAL \$ "x6"	%CALIDAD "y1"	%CALIDAD "y1" CALCULADA	ERROR %
Ene	0,53	0,58	0,91	0,97	-0,50	0,98	0,97	0,98	1,62%
Feb	0,52	0,70	0,96	0,94	-0,50	0,73	0,97	0,97	-0,19%
Mar	0,47	0,19	1,00	1,02		1,05	1,00	0,99	-0,98%
Abr	0,53	0,25	0,96	1,00	-0,50	0,64	0,99	1,00	0,98%
May	0,69	0,57	0,91	0,94	-0,50	0,84	0,96	0,95	-0,88%
Jun	0,91	0,33	0,74	0,91	-0,50	0,93	0,91	0,91	-0,37%
Jul	0,85	0,45	0,81	0,83	-0,50	1,04	0,91	0,88	-3,05%
Ago	0,51	0,17	0,95	1,02	-0,25	1,36	0,99	1,00	1,54%
Sept	0,61	0,18	0,92	1,01	-0,25	0,80	0,98	0,98	-0,05%
Oct	0,65	0,37	0,93	0,97	-0,50	0,94	0,97	0,97	-0,05%
Nov	0,48	0,25	0,97	1,00	-0,50	0,91	0,99	1,01	1,66%
Dic	0,48	0,17	0,94	1,00	-0,25	1,06	0,99	0,99	0,85%

Comparando los resultados obtenidos con respecto a la desviación de los valores calculados frente a los valores reales, se puede indicar que para el año 2011, al sustituir los indicadores reales, las multas e inversiones, la calidad calculada es muy similar a la obtenida con los indicadores reales, concluyendo que la ecuación encontrada, es adecuada para representar la calidad en los nuevos servicios.

Los errores en la desviación que se presentaron para los años 2010 y 2011, resultante de la comparación de la calidad real con la calculada en conjunto no supera la media del -0,58%, es decir porcentaje por debajo de la calidad real.

4.1.2 Indicadores de Nuevos Servicios con Modificación de Red

Para este indicador en forma similar al anterior, se realizará la validación de la ecuación que representa la calidad siguiendo el mismo procedimiento, comparación de la desviación de los años 2010 y 2011 con respecto a la ecuación determinada con los datos del 2009, la ecuación a comparar será:

$$y_2 = 0,92296 - 0,04099 X7 - 0,09278 X8 + 0,16249 X9 + 0,09275 X10 \quad (16)$$

Los resultados obtenidos son:

Tabla 4.3: Error porcentual de la calidad real versus la calculada para el año 2010 (conexión del servicio eléctrico con modificación de red). [3]

MES	TIEMPO URBANO "x7"	TIEMPO RURAL "x8"	MULTA TOTAL "x9"	INVERSION TOTAL "x10"	%CALIDAD "y2"	%CALIDAD "y2" CALCULADA	ERROR %
Ene	1,14	0,60	-0,50	1,14	0,939	0,845	-10,01%
Feb	1,99	0,76	-0,50	0,85	0,751	0,769	2,40%
Mar	1,04	0,89	-0,50	0,65	0,980	0,777	-20,71%
Abr	0,82	0,40		1,40	1,000	0,982	-1,79%
May	1,06	0,13	-0,50	0,76	0,973	0,857	-11,93%
Jun	1,44	0,07	-0,50	1,04	0,847	0,873	3,05%
Jul	0,60	0,23		0,81	1,000	0,952	-4,85%
Ago	0,63			0,69	1,000	0,961	-3,85%
Sept	0,87			0,49	1,000	0,933	-6,69%
Oct	0,56	7,53	-0,50	0,67	0,566	0,182	-67,83%
Nov	0,23	2,33	-0,50	1,30	0,714	0,737	3,18%
Dic	0,36	0,03		0,61	1,000	0,962	-3,83%

La desviación de la calidad calculada con respecto a la real, para este indicador es más pronunciada, se debe a la alta variedad de los indicadores mes a mes y por la cantidad mucho más reducida de solicitudes de servicio que requieren modificación de red, se puede observar que existen mucho más valores atípicos y que la media de desviación es de -1,4% sin considerar los atípicos, para los años 2010 y 2011 sin embargo el porcentaje de desviación medio es aceptable y se le puede considerar a la ecuación que representa la calidad como adecuada, es necesario aclarar que este indicador es mucho más variable que el de conexiones de red sin modificación, pues su naturaleza de proceso, representa realizar modificaciones de red, pudiendo esta tener una alta variabilidad entre conexiones al mes, determinadas por la complejidad constructiva y acceso de la red de distribución, de allí que los tiempos a ejecutar pueden variar mucho entre conexión y conexión, es por esta razón que se debe tener presente esta variabilidad en este indicador.

Tabla 4.4: Error porcentual de la calidad real versus la calculada para el año 2011 (conexión del servicio eléctrico con modificación de red). [3]

MES	TIEMPO URBANO "x7"	TIEMPO RURAL "x8"	MULTA TOTAL "x9"	INVERSION TOTAL "x10"	%CALIDAD "y2"	%CALIDAD "y2" CALCULADA	ERROR %
Ene	0,76	1,13	-0,50	0,86	0,94	0,79	-16,56%
Feb	1,13	0,08	-0,50	0,86	0,94	0,87	-8,02%
Mar	0,85	0,13		0,46	1,00	0,92	-8,17%
Abr	3,00	1,62	-1,00	0,77	0,47	0,56	17,68%
May	1,07	0,18	-0,50	1,20	0,97	0,89	-7,75%
Jun	0,09	0,20		1,99	1,00	1,09	8,57%
Jul	0,30			1,24	1,00	1,03	2,58%
Ago	0,11			0,96	1,00	1,01	0,73%
Sept	0,12	0,05		0,68	1,00	0,98	-2,36%
Oct	0,47	0,02		1,02	1,00	1,00	-0,40%
Nov	0,07	0,13		1,62	1,00	1,06	5,80%
Dic	0,12			0,55	1,00	0,97	-3,15%

4.1.3 Indicadores del Restablecimiento del Servicio por Falta de Pago

Para este indicador, en forma similar a los casos anteriores se presenta la validación comparando la desviación de la calidad real contra la calculada de la fórmula que representa la calidad, esta es:

$$y_3 = 0,38688 - 0,00532 X_{11} - 0,11885 X_{12} + 0,45777 X_{13} + 0,27128 X_{14} + 0,00319 X_{15} - 0,00089 X_{16}$$

(19)

Los resultados de aplicar los indicadores y comparar con la calidad real se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 4.5: Error porcentual de la calidad real versus la calculada para el año 2010 (restablecimiento del servicio por falta de pago). [3]

MES	VALOR DEL INDICE "x11"	VALOR DEL INDICE "x12"	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x13"	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x14"	MULTA TOTAL \$ "x15"	INVERSION TOTAL "x16"	%CALIDAD "y3"	%CALIDAD "y3" CALCULADA	ERROR %
Ene	1,45	1,20	0,595	0,288	-1,000	0,833	0,601	0,583	-3,08%
Feb	1,32	1,39	0,643	0,333	-1,000	0,957	0,613	0,595	-2,88%
Mar	1,32	0,90	0,633	0,599	-0,750	0,976	0,748	0,722	-3,40%
Abr	1,54	1,11	0,536	0,295	-1,000	0,833	0,596	0,568	-4,57%
May	1,34	1,04	0,622	0,291	-1,000	1,090	0,655	0,616	-6,01%
Jun	1,34	0,47	0,630	0,645	-0,750	0,916	0,755	0,785	3,91%
Jul	1,54	1,33	0,571	0,219	-1,000	1,030	0,548	0,538	-1,90%
Ago	1,24	1,34	0,664	0,247	-1,000	1,044	0,616	0,588	-4,49%
Sept	1,39	1,04	0,645	0,421	-1,000	0,953	0,687	0,661	-3,78%
Oct	1,28	1,18	0,582	0,212	-1,000	1,320	0,605	0,559	-7,53%
Nov	1,35	0,88	0,610	0,180	-0,750	1,055	0,632	0,600	-5,19%
Dic	1,43	0,22	0,568	0,902	-0,750	0,945	0,793	0,854	7,74%

Tabla 4.6: Error porcentual de la calidad real versus la calculada para el año 2011 (restablecimiento del servicio por falta de pago). [3]

MES	VALOR DEL INDICE "x11"	VALOR DEL INDICE "x12"	% CUMPLIMIENTO SUBETAPA 2 "x13"	% CUMPLIMIEN TO SUBETAPA 2 "x14"	MULTA TOTAL \$ "x15"	INVERSION TOTAL "x16"	%CALIDAD "y3"	%CALIDAD "y3" CALCULADA	ERROR %
Ene	1,20	1,17	0,64	0,50	-1,00	0,58	0,70	0,663	-5,74%
Feb	1,44	0,26	0,61	0,84	-0,75	0,39	0,79	0,854	8,50%
Mar	1,17	0,64	0,66	0,47	-0,75	0,39	0,74	0,730	-1,96%
Abr	1,28	1,83	0,63		-1,00	0,39	0,49	0,445	-8,73%
May	1,04	0,59	0,70	0,58	-0,75	0,39	0,81	0,784	-3,21%
Jun	1,46	2,22	0,53	0,48	-1,00	0,75	0,54	0,486	-9,62%
Jul	1,30	0,36	0,59	0,85	-0,75	1,15	0,80	0,836	4,03%
Ago	1,93	1,04	0,58	0,65	-1,00	1,58	0,68	0,690	1,81%
Sept	1,46	0,86	0,49	0,17	-0,75	0,64	0,59	0,544	-7,25%
Oct	1,34	0,94	0,50	0,11	-0,75	0,64	0,59	0,525	-11,06%
Nov	1,31	0,47	0,56	0,55	-0,75	0,98	0,72	0,727	1,04%
Dic	1,49	1,42	0,54	0,48	-1,00	0,80	0,60	0,582	-2,68%

En promedio se puede observar que la desviación del valor calculado con la fórmula con respecto al valor real de los años indicados es de -2,75% por debajo del valor real, este porcentaje de desviación es aceptable, para validar los resultados del cálculo con el valor real, considerando entonces la ecuación encontrada como representativa de la calidad.

Se puede indicar entonces que el procedimiento empleado para validar las ecuaciones obtenidas mediante la regresión, considerando los valores reales de los indicadores, multas y penalizaciones, de los años 2010 y 2011, arrojó resultados aceptables en cuanto a diferencias de los errores comparativos entre los valores reales y los calculados, con la ecuación obtenida a partir de la información del 2009, para cada uno de los indicadores analizados.

4.2 INVERSIONES PLANIFICADAS DE LA DISTRIBUIDORA REFERIDAS A LOS INDICADORES

En demanda del crecimiento de usuarios y modernización, la Empresa dispone de presupuestos anuales establecidos que permiten optimizar la gestión de los activos del sistema de distribución. Cada año se realizan inversiones para cumplir con las tareas administrativas y operativas de cada área.

En lo referido a la calidad de servicio comercial las inversiones que se plantean son limitadas y enfocadas en la optimización de calidad y mejora del servicio al cliente.

Puntualizando sobre los indicadores analizados, para poder determinar un plan óptimo de inversiones referido a este estudio, primeramente se debe puntualizar y detallar todas las inversiones que se vienen realizando actualmente y además se debe estimar una proyección de las inversiones futuras. Por otra parte existen nuevas iniciativas y proyectos que se implementarán en la Empresa en el corto y mediano plazo, que suponen mejoras directas de los cuatro índices planteados.

De esta forma a continuación se desarrolla y establece los presupuestos para cada inversión que se disponga:

4.2.1 Plan de Inversiones de CENTROSUR

La Empresa tiene planificado realizar continuas inversiones durante la próxima década sobre proyectos eléctricos que represente una mejora para el sector de distribución de energía. Estos proyectos se ejecutarán sobre todas las áreas que le competen a la distribuidora, por ejemplo: ampliaciones de red, construcción, implementación de equipos hardware y software, adquisición de herramientas, líneas de distribución y sub-transmisión, instalación de nuevos transformadores, entre otros. Para el caso puntual de calidad de servicio comercial se debe determinar cuáles son las inversiones que se realizarán sobre esta área, específicamente se tiene un plan de inversiones para la instalación de nuevos servicios, gestión de cartera, lectura y facturación.

4.2.1.1 Conexión de Servicio sin Modificación de Red

Tabla 4.7: Plan de inversiones de CENTROSUR 2013-2022 Conexión de servicio sin modificación de red. [3]

Descripción del Proyecto	Plan de Ejecución	Presupuesto
Instalación de acometidas y medidores clientes nuevos MT y/o BT (Conexión de servicio sin modificación de red)	2013	\$ 1.034.564,31
	2014	\$ 1.074.084,67
	2015	\$ 1.160.048,37
	2016	\$ 1.255.639,42
	2017	\$ 1.361.234,82
	2018	\$ 1.449.742,43

	2019	\$ 1.576.571,73
	2020	\$ 1.717.528,45
	2021	\$ 1.874.573,76
	2022	\$ 2.049.540,13

El crecimiento anual de nuevos clientes que solicitan el servicio, es del 8 %, por lo cual las inversiones presupuestadas están de acorde a este crecimiento, de esta forma se ha establecido que este porcentaje, es apropiado dentro del área de planificación de la Empresa, la cual proyecta las inversiones que pueden ser necesarias dentro de los próximos diez años.

4.2.1.2 Conexión de Servicio con Modificación de Red

Con la consideración anterior a continuación se presenta el plan de inversiones de la Empresa para los próximos 10 años:

Tabla 4. 8: Plan de inversiones de CENTROSUR 2013-2022 Conexión de servicio con modificación de red. [3]

Descripción del Proyecto	Plan de Ejecución (2013-2022)	Presupuesto
Conexión de servicio con modificación de red	2013	\$ 323424,60
	2014	\$ 349298,57
	2015	\$ 377242,45
	2016	\$ 407421,85
	2017	\$ 440015,60
	2018	\$ 475216,85
	2019	\$ 513234,19
	2020	\$ 554292,93
	2021	\$ 598636,36
	2022	\$ 646527,27

4.2.1.3 Gestión de Cartera

De igual forma para este índice se toma en cuenta el siguiente presupuesto referido a los próximos 10 años:

Tabla 4.9: Plan de inversiones de CENTROSUR 2013-2022 Restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago. [3]

Descripción del Proyecto	Plan de Ejecución (2013-2022)	Presupuesto
Gestión de cartera	2013	\$ 590.687,32
	2014	\$ 637.942,30
	2015	\$ 688.977,69
	2016	\$ 744.095,90
	2017	\$ 803.623,58
	2018	\$ 867.913,46

	2019	\$ 937.346,54
	2020	\$ 1.012.334,26
	2021	\$ 1.093.321,00
	2022	\$ 1.180.786,68

4.2.1.4 Calidad de Facturación

Para la facturación se dispone del siguiente presupuesto:

Tabla 4.10: Plan de inversiones de CENTROSUR 2013-2022 Calidad de facturación. [3]

Descripción del Proyecto	Plan de Ejecución (2013-2022)	Presupuesto
Calidad de facturación	2013	\$ 638.791,42
	2014	\$ 689.894,73
	2015	\$ 745.086,31
	2016	\$ 804.693,21
	2017	\$ 869.068,67
	2018	\$ 938.594,17
	2019	\$ 1.013.681,70
	2020	\$ 1.094.776,23
	2021	\$ 1.182.358,33
	2022	\$ 1.276.947,00

4.2.2 Sistema de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI)

Es “un sistema de medición que graba los consumos de los clientes (y posiblemente otros parámetros) por hora o con más frecuencia y proporciona diariamente o con más periodicidad, la transmisión de las mediciones a través de una red de comunicación a un punto central de recolección.”²⁴

Puntualmente en las empresas eléctricas de distribución estos sistemas inteligentes representan una oportunidad para mejorar sus procesos, obteniendo lecturas de los medidores en tiempo real, lo cual mejora la calidad de facturación y gestión de cartera al disponer de datos más eficientes y confiables, además permiten realizar acciones remotas de corte y reconexión de energía por falta de pago, siendo este proyecto parte de las futuras aplicaciones de Red Eléctrica Inteligente (Smart Grid), proyectos que las empresas distribuidoras del país están desarrollando.

²⁴ <http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/demand-response.pdf> Ver bibliografía [7]

La CENTROSUR tiene un presupuesto estimado para la ejecución de este proyecto para el año 2013, el cual se estima en 2.171.520 con una cobertura de más de 14000 clientes.²⁵

4.3 ESCENARIOS DE APLICACIÓN DE INVERSIONES

Se plantean diferentes escenarios de inversiones con la finalidad de proponer el mejor plan de inversiones posible que permita maximizar los indicadores de Calidad de Servicio Comercial estudiados.

Para propósitos de análisis se ha creído conveniente plantear cuatro escenarios de inversión, los cuales permitan identificar un equilibrio positivo entre las inversiones e indicadores. El procedimiento será, efectuar simulaciones aumentando o disminuyendo las inversiones económicas, maximizando la función objetivo con las correspondientes restricciones que se establecerán en cada escenario, de tal forma se pueda observar y verificar como varía el porcentaje, tiempo de cumplimiento y multas de los índices referidos para cada escenario, teniendo presente que las inversiones en el índice de calidad de facturación no se varía ya que el cumplimiento es total y se da por satisfecho la calidad de este indicador.

4.3.1 Primer Escenario

En este escenario se plantea simular solamente las inversiones previstas en el Plan de Inversiones de CENTROSUR, es decir que se emplean los valores económicos **estándar** proyectado para el año 2013, para ello se dispone de los siguientes rubros:

Tabla 4.11: Primer escenario de inversión

Inversión en Índice	Presupuest o 2013 \$USD	Presupues to mensual \$USD	Valor base	Valor en por unidad
Conexión de servicio sin modificación de red	1.034.564,31	86213,69	86782,06	0,9934
Conexión de	323424,60	26952,05	19820,15	1,3598

²⁵ **Tesis:** “ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI) EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.”

Autor: Ing. Marco Coronel G., Cuenca Junio de 2011. Ver bibliografía [14]

servicio con modificación de red				
Gestión de Cartera	590.687,32	49223,94	58330,82	0,8438

El siguiente paso es maximizar la función objetivo y se procede de la siguiente manera:

Función Objetivo:

$$\begin{aligned}
 y_t(x) = & 2,803 - 0,09945 X1 - 0,00371 X2 + 0,06263 X3 + 0,4636 X4 - 0,0639 X5 \\
 & + 0,00782 X6 - 0,04099 X7 - 0,09278 X8 + 0,16249 X9 + 0,09275 X10 \\
 & - 0,00532 X11 - 0,11885 X12 + 0,45777 X13 + 0,27128 X14 \\
 & + 0,00319 X15 - 0,00089 X16
 \end{aligned}$$

(26)

Sujeto a las siguientes restricciones:

Tabla 4.12: Resumen de restricciones de los índices – Primer escenario de inversión –

RESTRICCIONES	
Conexión del Servicio Eléctrico Sin Modificación de Red	
1	$x1 \leq 2$
2	$x2 \leq 1,142$
3	$x1 + x2 \leq 1,45$
4	$1,144x1 - x2 = 0$
5	$x3 \leq 1,02$
6	$x4 \leq 1,02$
7	$x1 - 0,0535 x3 = 0$
8	$x2 - 0,0314 x4 = 0$
9	$-0,60302 - 0,25087 x1 - 0,13671 x2 - 0,99042 x3 + 1,2931 x4 - x5 = 0$
10	$3,41797 - 0,41306 x1 - 1,41529 x2 + 0,32623 x3 - 1,8676 x4 - x6 = 0$
11	$x1 \geq 0$
12	$x2 \geq 0$
13	$x3 \geq 0$
14	$x4 \geq 0$
15	$x5 \geq 0$
16	$x6 \geq 0$
17	$x5 \leq 1$
18	$x6 \leq 0,9934$
Conexión del Servicio Eléctrico Con Modificación de Red	
19	$x7 \leq 2,5$
20	$x8 \leq 1,660$
21	$x7 + x8 \leq 2$
22	$1,3035x7 - x8 = 0$
23	$-0,53927 - 0,04389 x7 - 0,07423 x8 - x9 = 0$

24	$0,999 - 0,1183 x_7 + 0,23359 x_8 - x_{10} = 0$
25	$x_7 \geq 0,6$
26	$x_8 \geq 0,6$
27	$x_9 \geq 0$
28	$x_{10} \geq 0$
29	$x_9 \leq 1$
30	$x_{10} \leq 1,3598$
Restablecimiento del servicio suspendido por falta	
31	$x_{11} \leq 2,4$
32	$x_{12} \leq 3,6$
33	$x_{11} + x_{12} \leq 2,117$
34	$1,131x_{11} - x_{12} = 0$
35	$x_{13} \leq 1,03$
36	$x_{14} \leq 1,05$
37	$x_{11} - 0,262x_{13} = 0$
38	$x_{12} - 0,4x_{14} = 0$
39	$-0,61659 - 0,14052x_{11} - 0,22597x_{12} + 0,28832x_{13} - 0,01459x_{14} - x_{15} = 0$
40	$-6,35961 + 1,63956x_{11} + 0,23359x_{12} + 6,41492x_{13} + 0,85793x_{14} - x_{16} = 0$
41	$x_{11} \geq 0,1$
42	$x_{12} \geq 0,1$
43	$x_{13} \geq 0$
44	$x_{14} \geq 0$
45	$x_{15} \geq 0$
46	$x_{16} \geq 0$
47	$x_{15} \leq 1$
48	$x_{16} \leq 0,8438$

Aplicando la maximización mediante la herramienta de Microsoft Excel SOLVER se obtiene la siguiente solución:

Tabla 4. 13: Resultados de la solución de la función objetivo –Primer escenario de inversión–

Variable	Valor en por unidad	Valor base	Valor real
$y_t =$	3,90034983	25	97,5087458
<u>Conexión del servicio sin modificación de red</u>			
$x1=$	0,02799653	4	0,11198612
$x2=$	0,03202803	7	0,22419622
$x3=$	0,52329963	98	51,283364
$x4=$	1,020001	98	99,960098
$x5=$	0,18625483	10515,60	1958,5813
$x6=$	0,9934506	86782,06	86213,69
<u>Conexión del servicio con modificación de red</u>			
$x7=$	0,6	10	6
$x8=$	0,7821	15	11,7315
$x9=$	0	5257,15	0
$x10=$	1,11071074	19820,15	22014,4535
<u>Reconexión del servicio por falta de pago</u>			
$x11=$	0,24999971	10	2,49999709
$x12=$	0,28274967	24	6,7859921
$x13=$	0,95419736	97	92,5571442
$x14=$	0,70687418	95	67,1530469
$x15=$	0	10515,60	0
$x16=$	0,84387533	58330,82	49223,94

4.3.2 Segundo Escenario

Ahora se proyecta simular un escenario en donde las inversiones mayoritarias se enfoquen en el índice Conexión de Servicio sin Modificación de Red, manteniendo el resto de inversiones constantes. Se propone un aumento del doble de la inversión estándar con lo cual se tienen los siguientes valores:

Tabla 4.14: Segundo escenario de inversión

Inversión en Índice	Presupuest o 2013 \$USD	Presupues to mensual \$USD	Valor base	Valor en por unidad
Conexión de servicio sin modificación de red	2069128,62	172427,385	86782,06	1,9869
Conexión de servicio con modificación de red	323424,60	26952,05	19820,15	1,3598
Gestión de Cartera	590.687,32	49223,94	58330,82	0,8438

El siguiente paso es maximizar la función objetivo se procede de la siguiente manera:

Función Objetivo:

$$y_t(x) = 2,803 - 0,09945 X1 - 0,00371 X2 + 0,06263 X3 + 0,4636 X4 - 0,0639 X5 \\ + 0,00782 X6 - 0,04099 X7 - 0,09278 X8 + 0,16249 X9 + 0,09275 X10 \\ - 0,00532 X11 - 0,11885 X12 + 0,45777 X13 + 0,27128 X14 \\ + 0,00319 X15 - 0,00089 X16$$

(26)

Sujeto a las siguientes restricciones:

Tabla 4. 15: Resumen de restricciones de los índices –Segundo escenario de inversión–

RESTRICCIONES	
Conexión del Servicio Eléctrico Sin Modificación de Red	
1	$x1 \leq 2$
2	$x2 \leq 1,142$
3	$x1 + x2 \leq 1,45$
4	$1,144x1 - x2 = 0$
5	$x3 \leq 1,02$
6	$x4 \leq 1,02$
7	$x1 - 0,0535 x3 = 0$
8	$x2 - 0,0314 x4 = 0$
9	$-0,60302 - 0,25087 x1 - 0,13671 x2 - 0,99042 x3 + 1,2931 x4 - x5 = 0$
10	$3,41797 - 0,41306 x1 - 1,41529 x2 + 0,32623 x3 - 1,8676 x4 - x6 = 0$
11	$x1 \geq 0$
12	$x2 \geq 0$
13	$x3 \geq 0$
14	$x4 \geq 0$
15	$x5 \geq 0$
16	$x6 \geq 0$
17	$x5 \leq 1$
18	$x6 \leq 1,9869$
Conexión del Servicio Eléctrico Con Modificación de Red	
19	$x7 \leq 2,5$
20	$x8 \leq 1,660$
21	$x7 + x8 \leq 2$
22	$1,3035x7 - x8 = 0$
23	$-0,53927 - 0,04389 x7 - 0,07423 x8 - x9 = 0$
24	$0,999 - 0,1183 x7 + 0,23359 x8 - x10 = 0$
25	$x7 \geq 0,6$
26	$x8 \geq 0,6$
27	$x9 \geq 0$
28	$x10 \geq 0$
29	$x9 \leq 1$

30	$x_{10} \leq 1,3598$
Restablecimiento del servicio suspendido por falta	
31	$x_{11} \leq 2,4$
32	$x_{12} \leq 3,6$
33	$x_{11} + x_{12} \leq 2,117$
34	$1,131x_{11} - x_{12} = 0$
35	$x_{13} \leq 1,03$
36	$x_{14} \leq 1,05$
37	$x_{11} - 0,262x_{13} = 0$
38	$x_{12} - 0,4x_{14} = 0$
39	$-0,61659 - 0,14052x_{11} - 0,22597x_{12} + 0,28832x_{13} - 0,01459x_{14} - x_{15} = 0$
40	$-6,35961 + 1,63956x_{11} + 0,23359x_{12} + 6,41492x_{13} + 0,85793x_{14} - x_{16} = 0$
41	$x_{11} \geq 0,1$
42	$x_{12} \geq 0,1$
43	$x_{13} \geq 0$
44	$x_{14} \geq 0$
45	$x_{15} \geq 0$
46	$x_{16} \geq 0$
47	$x_{15} \leq 1$
48	$x_{16} \leq 0,8438$

Aplicando el comando SOLVER se encuentra la siguiente solución:

Tabla 4.16: Resultados de la solución de la función objetivo – Segundo escenario de inversión–

Variable	Valor en p. u.	Valor base	Valor real
$y_i =$	3,81719317	25	95,4298293
<u>Conexión del servicio sin modificación de red</u>			
$x1=$	0,02236853	4	0,08947411
$x2=$	0,02558959	7	0,17912716
$x3=$	0,4181033	98	40,9741232
$x4=$	0,81495523	98	79,8656126
$x5=$	0,02759079	10515,60	290,133762
$x6=$	1,98690121	86782,06	172427,38
<u>Conexión del servicio con modificación de red</u>			
$x7=$	0,6	10	6
$x8=$	0,7821	15	11,7 15
$x9=$	0	5257,15	0
$x10=$	1,11071074	19820,15	22014,4535
<u>Reconexión del servicio por falta de pago</u>			
$x11=$	0,24999971	10	2,49999709
$x12=$	0,28274967	24	6,7859921
$x13=$	0,95419736	97	92,5571442
$x14=$	0,70687418	95	67,1530469
$x15=$	0	10515,60	0
$x16=$	0,84387533	58330,82	49223,94

4.3.3 Tercer Escenario

En este caso, la simulación proyecta un escenario donde el mayor porcentaje de inversiones recaerán sobre el índice Conexión de Servicio con Modificación de Red, de tal manera sea el doble de la inversión proyectada, el resto de índices se corresponden con inversiones estándar. A continuación se tienen los siguientes valores:

Tabla 4.17: Tercer escenario de inversión

Inversión en Índice	Presupuesto 2013 \$USD	Presupuesto mensual \$USD	Valor base	Valor en por unidad
Conexión de servicio sin modificación de red	1.034.564,31	86213,69	86782,06	0,9934
Conexión de servicio con modificación de red	646849,20	53904,10	19820,15	2,7196
Gestión de Cartera	590.687,32	49223,94	58330,82	0,8438

El siguiente paso es maximizar la función objetivo se procede de la siguiente manera:

Función Objetivo:

$$\begin{aligned}
 y_t(x) = & 2,803 - 0,09945 X1 - 0,00371 X2 + 0,06263 X3 + 0,4636 X4 - 0,0639 X5 \\
 & + 0,00782 X6 - 0,04099 X7 - 0,09278 X8 + 0,16249 X9 + 0,09275 X10 \\
 & - 0,00532 X11 - 0,11885 X12 + 0,45777 X13 + 0,27128 X14 \\
 & + 0,00319 X15 - 0,00089 X16
 \end{aligned}$$

(26)

Sujeto a las siguientes restricciones:

Tabla 4.18: Resumen de restricciones de los índices –Tercer escenario de inversión–

RESTRICCIONES	
Conexión del Servicio Eléctrico Sin Modificación de Red	
1	$x1 \leq 2$
2	$x2 \leq 1,142$
3	$x1 + x2 \leq 1,45$
4	$1,144x1 - x2 = 0$
5	$x3 \leq 1,02$
6	$x4 \leq 1,02$
7	$x1 - 0,0535 x3 = 0$
8	$x2 - 0,0314 x4 = 0$
9	$-0,60302 - 0,25087 x1 - 0,13671 x2 - 0,99042 x3 + 1,2931 x4 - x5 = 0$
10	$3,41797 - 0,41306 x1 - 1,41529 x2 + 0,32623 x3 - 1,8676 x4 - x6 = 0$
11	$x1 \geq 0$
12	$x2 \geq 0$
13	$x3 \geq 0$
14	$x4 \geq 0$
15	$x5 \geq 0$
16	$x6 \geq 0$

17	$x5 \leq 1$
18	$x6 \leq 0,9934$
Conexión del Servicio Eléctrico Con Modificación de Red	
19	$x7 \leq 2,5$
20	$x8 \leq 1,660$
21	$x7 + x8 \leq 2$
22	$1,3035x7 - x8 = 0$
23	$-0,53927 - 0,04389 x7 - 0,07423 x8 - x9 = 0$
24	$0,999 - 0,1183 x7 + 0,23359 x8 - x10 = 0$
25	$x7 \geq 0,6$
26	$x8 \geq 0,6$
27	$x9 \geq 0$
28	$x10 \geq 0$
29	$x9 \leq 1$
30	$x10 \leq 2,7196$
Restablecimiento del servicio suspendido por falta	
31	$x11 \leq 2,4$
32	$x12 \leq 3,6$
33	$x11 + x12 \leq 2,117$
34	$1,131x11 - x12 = 0$
35	$x13 \leq 1,03$
36	$x14 \leq 1,05$
37	$x11 - 0,262x13 = 0$
38	$x12 - 0,4x14 = 0$
39	$-0,61659 - 0,14052x11 - 0,22597x12 + 0,28832x13 - 0,01459x14 - x15 = 0$
40	$-6,35961 + 1,63956x11 + 0,23359x12 + 6,41492x13 + 0,85793x14 - x16 = 0$
41	$x11 \geq 0,1$
42	$x12 \geq 0,1$
43	$x13 \geq 0$
44	$x14 \geq 0$
45	$x15 \geq 0$
46	$x16 \geq 0$
47	$x15 \leq 1$
48	$x16 \leq 0,8438$

Aplicando el comando SOLVER se presenta la siguiente solución:

**Tabla 4. 19: Resultados de la solución de la función objetivo
–Tercer escenario de inversión–**

Variable	Valor en p.u.	Valor base	Valor real
$y_t =$	3,90034983	25	97,5087458
<u>Conexión del servicio sin modificación de red</u>			
$x1=$	0,02799653	4	0,11198612
$x2=$	0,03202803	7	0,22419622
$x3=$	0,52329963	98	51,283364
$x4=$	1,020001	98	99,960098
$x5=$	0,18625483	10515,60	1958,5813
$x6=$	0,9934506	86782,06	86213,69
<u>Conexión del servicio con modificación de red</u>			
$x7=$	0,6	10	6
$x8=$	0,7821	15	11,7315
$x9=$	0	5257,15	0
$x10=$	1,11071074	19820,15	22014,4535
<u>Reconexión del servicio por falta de pago</u>			
$x11=$	0,24999971	10	2,49999709
$x12=$	0,28274967	24	6,7859921
$x13=$	0,95419736	97	92,5571442
$x14=$	0,70687418	95	67,1530469
$x15=$	0	10515,60	0
$x16=$	0,84387533	58330,82	49223,94

4.3.4 Cuarto Escenario

En esta ocasión, se duplica las inversiones en el indicador de Gestión de Cartera y sobre los índices restantes se efectúan inversiones estándar. El mayor porcentaje de inversión se debe a la futura implementación del proyecto de Medición Inteligente AMI. De esta forma se tabulan los siguientes datos:

Tabla 4.20: Cuarto escenario de inversión

Inversión en Índice	Presupuesto 2013 \$USD	Presupuesto mensual \$USD	Valor base	Valor en por unidad
Conexión de servicio sin modificación de red	1.034.564,31	86213,69	86782,06	0,9934
Conexión de servicio con modificación de red	323424,60	26952,05	19820,15	1,3598
Gestión de Cartera	1181341,44	98445,12	58330,82	1,6877

El siguiente paso es maximizar la función objetivo de la siguiente manera:

Función Objetivo:

$$y_t(x) = 2,803 - 0,09945 X_1 - 0,00371 X_2 + 0,06263 X_3 + 0,4636 X_4 - 0,0639 X_5 \\ + 0,00782 X_6 - 0,04099 X_7 - 0,09278 X_8 + 0,16249 X_9 + 0,09275 X_{10} \\ - 0,00532 X_{11} - 0,11885 X_{12} + 0,45777 X_{13} + 0,27128 X_{14} \\ + 0,00319 X_{15} - 0,00089 X_{16}$$

(26)

Sujeto a las siguientes restricciones:

Tabla 4.21: Resumen de restricciones de los índices –Cuarto escenario de inversión–

RESTRICCIONES	
Conexión del Servicio Eléctrico Sin Modificación de Red	
1	$x_1 \leq 2$
2	$x_2 \leq 1,142$
3	$x_1 + x_2 \leq 1,45$
4	$1,144x_1 - x_2 = 0$
5	$x_3 \leq 1,02$
6	$x_4 \leq 1,02$
7	$x_1 - 0,0535 x_3 = 0$
8	$x_2 - 0,0314 x_4 = 0$
9	$-0,60302 - 0,25087 x_1 - 0,13671 x_2 - 0,99042 x_3 + 1,2931 x_4 - x_5 = 0$
10	$3,41797 - 0,41306 x_1 - 1,41529 x_2 + 0,32623 x_3 - 1,8676 x_4 - x_6 = 0$
11	$x_1 \geq 0$
12	$x_2 \geq 0$
13	$x_3 \geq 0$
14	$x_4 \geq 0$
15	$x_5 \geq 0$
16	$x_6 \geq 0$
17	$x_5 \leq 1$
18	$x_6 \leq 0,9934$
Conexión del Servicio Eléctrico Con Modificación de Red	
19	$x_7 \leq 2,5$
20	$x_8 \leq 1,660$
21	$x_7 + x_8 \leq 2$
22	$1,3035x_7 - x_8 = 0$
23	$-0,53927 - 0,04389 x_7 - 0,07423 x_8 - x_9 = 0$
24	$0,999 - 0,1183 x_7 + 0,23359 x_8 - x_{10} = 0$
25	$x_7 \geq 0,6$
26	$x_8 \geq 0,6$
27	$x_9 \geq 0$
28	$x_{10} \geq 0$
29	$x_9 \leq 1$

30	$x_{10} \leq 1,3598$
Restablecimiento del servicio suspendido por falta	
31	$x_{11} \leq 2,4$
32	$x_{12} \leq 3,6$
33	$x_{11} + x_{12} \leq 2,117$
34	$1,131x_{11} - x_{12} = 0$
35	$x_{13} \leq 1,03$
36	$x_{14} \leq 1,05$
37	$x_{11} - 0,262x_{13} = 0$
38	$x_{12} - 0,4x_{14} = 0$
39	$-0,61659 - 0,14052x_{11} - 0,22597x_{12} + 0,28832x_{13} - 0,01459x_{14} - x_{15} = 0$
40	$-6,35961 + 1,63956x_{11} + 0,23359x_{12} + 6,41492x_{13} + 0,85793x_{14} - x_{16} = 0$
41	$x_{11} \geq 0,1$
42	$x_{12} \geq 0,1$
43	$x_{13} \geq 0$
44	$x_{14} \geq 0$
45	$x_{15} \geq 0$
46	$x_{16} \geq 0$
47	$x_{15} \leq 1$
48	$x_{16} \leq 1,6877$

Aplicando el Comando SOLVER se obtiene la siguiente solución:

Tabla 4.22: Resultados de la solución de la función objetivo –Cuarto escenario de inversión

Variable	Valor en p.u.	Valor base	Valor real
$y_t =$	3,94699933	25	98,6749832
<u>Conexión del servicio sin modificación de red</u>			
$x_1 =$	0,0279965	4	0,11198601
$x_2 =$	0,032028	7	0,224196
$x_3 =$	0,52329913	98	51,2833148
$x_4 =$	1,02	98	99,96
$x_5 =$	0,18625404	10515,60	1958,57303
$x_6 =$	0,9934506	86782,06	86213,69
<u>Conexión del servicio con modificación de red</u>			
$x_7 =$	0,6	10	6
$x_8 =$	0,7821	15	11,7315
$x_9 =$	0	5257,15	0
$x_{10} =$	1,11071074	19820,15	22014,4535
<u>Reconexión del servicio por falta de pago</u>			
$x_{11} =$	0,26986026	10	2,69860261
$x_{12} =$	0,30521196	24	7,32508697

x13=	1,030001	97	99,910097
x14=	0,76302989	95	72,4878396
x15=	0	10515,60	0
x16=	1,41613677	58330,82	82604,4193

Como estos ejemplos, se pueden realizar varias simulaciones de los planes de inversiones con la finalidad de destinar los recursos a las diferentes etapas que se disponen en la comercialización, es decir, invertir en los diferentes indicadores, con la finalidad de que se pueda mejorar los mismos, en caso de que existan deficiencias o incumplimientos, o se pueda compartir en partes proporcionales los recursos disponibles, según su importancia, y las políticas administrativas, abriendo un abanico de posibilidades de escenarios de inversión. En este ejemplo se seleccionaron cuatro tipos de escenarios, el primero considerando las inversiones de acuerdo a las estadísticas de crecimiento de la Empresa, el segundo, tercero y cuarto, enfatizando en el incremento de las inversiones en un solo indicador de los tres presentes, pudieran existir otros, sin embargo lo importante es determinar cuál de estos escenarios es el más recomendable, el cual busque la eficiencia en los procesos a menos costo, dando mejores resultados alentadores en los indicadores, para ellos se presenta el siguiente plan de inversiones.

4.3.5 Plan Óptimo de Inversiones

En esta ocasión se simula un escenario de inversión que está relacionado con los valores marginales que se obtuvieron de las graficas inversión vs calidad y multas vs calidad (***Grafica 2.4, Grafica 2.5, Grafica 2.6 relación analógica con las curvas de oferta y demanda,***) en donde se determinó el punto de equilibrio entre las curvas de penalizaciones e inversiones.

Los valores marginales son los siguientes:

Tabla 4.23: Resumen de los valores marginales de las curvas de inversión y multas con respecto a la calidad

Índice	Punto de equilibrio Curva Real		Punto de equilibrio Curva Polinómica*	
	Calidad Eje "x" [p.u.]	Multas e Inversión Eje "y" USD [p.u.]	Calidad Eje "x" [p.u.]	Multas e Inversión Eje "y" USD [p.u.]
Conexión del servicio sin modificación de red	0,863	0,738	0,841	0,682
Conexión del servicio con modificación de red	0,565	0,81	0,546	0,822
Gestión de Cartera	0,849	0,77	0,839	0,776

*Curva polinómica es una aproximación matemática de la curva real.

Para el caso se utiliza los valores de las curvas polinómicas, estos datos se tabulan en las restricciones de inversión y multas.

El siguiente paso es maximizar la función objetivo y se procede de la siguiente manera:

Función Objetivo:

$$\begin{aligned}
 y_t(x) = & 2,803 - 0,09945 X_1 - 0,00371 X_2 + 0,06263 X_3 + 0,4636 X_4 - 0,0639 X_5 \\
 & + 0,00782 X_6 - 0,04099 X_7 - 0,09278 X_8 + 0,16249 X_9 + 0,09275 X_{10} \\
 & - 0,00532 X_{11} - 0,11885 X_{12} + 0,45777 X_{13} + 0,27128 X_{14} \\
 & + 0,00319 X_{15} - 0,00089 X_{16}
 \end{aligned}$$

(26)

Sujeto a las siguientes restricciones:

Tabla 4.24: Resumen de restricciones de los índices –Plan optimo de inversión–

RESTRICCIONES	
Conexión del Servicio Eléctrico Sin Modificación de Red	
1	$x_1 \leq 2$
2	$x_2 \leq 1,142$
3	$x_1 + x_2 \leq 1,45$
4	$1,144x_1 - x_2 = 0$
5	$x_3 \leq 1,02$
6	$x_4 \leq 1,02$
7	$x_1 - 0,0535 x_3 = 0$
8	$x_2 - 0,0314 x_4 = 0$
9	$-0,60302 - 0,25087 x_1 - 0,13671 x_2 - 0,99042 x_3 + 1,2931 x_4 - x_5 = 0$
10	$3,41797 - 0,41306 x_1 - 1,41529 x_2 + 0,32623 x_3 - 1,8676 x_4 - x_6 = 0$
11	$x_1 \geq 0$
12	$x_2 \geq 0$
13	$x_3 \geq 0$
14	$x_4 \geq 0$

15	$x5 \geq 0$
16	$x6 \geq 0$
17	$x5 \leq 0,682$
18	$x6 \leq 0,682$
Conexión del Servicio Eléctrico Con Modificación de Red	
19	$x7 \leq 2,5$
20	$x8 \leq 1,660$
21	$x7 + x8 \leq 2$
22	$1,3035x7 - x8 = 0$
23	$-0,53927 - 0,04389 x7 - 0,07423 x8 - x9 = 0$
24	$0,999 - 0,1183 x7 + 0,23359 x8 - x10 = 0$
25	$x7 \geq 0,6$
26	$x8 \geq 0,6$
27	$x9 \geq 0$
28	$x10 \geq 0$
29	$x9 \leq 0,822$
30	$x10 \leq 0,822$
Restablecimiento del servicio suspendido por falta	
31	$x11 \leq 2,4$
32	$x12 \leq 3,6$
33	$x11 + x12 \leq 2,117$
34	$1,131x11 - x12 = 0$
35	$x13 \leq 1,03$
36	$x14 \leq 1,05$
37	$x11 - 0,262x13 = 0$
38	$x12 - 0,4x14 = 0$
39	$-0,61659 - 0,14052x11 - 0,22597x12 + 0,28832x13 - 0,01459x14 - x15 = 0$
40	$-6,35961 + 1,63956x11 + 0,23359x12 + 6,41492x13 + 0,85793x14 - x16 = 0$
41	$x11 \geq 0,1$
42	$x12 \geq 0,1$
43	$x13 \geq 0$
44	$x14 \geq 0$
45	$x15 \geq 0$
46	$x16 \geq 0$
47	$x15 \leq 0,776$
48	$x16 \leq 0,776$

Aplicando SOLVER se tienen los siguientes resultados:

Tabla 4.25: Resultados de la solución de la función objetivo – Plan óptimo de inversión–

Variable	Valor en p.u.	Valor base	Valor real
$y_t =$	3,86560341	25	96,6400852
<u>Conexión del servicio sin modificación de red</u>			
$x1=$	0,02799653	4	0,11198611
$x2=$	0,03202803	7	0,22419621
$x3=$	0,5232996	98	51,2833604
$x4=$	1,020001	98	99,960098
$x5=$	0,18625387	10515,60	1958,57118
$x6=$	0,682	86782,06	59185,3649
<u>Conexión del servicio con modificación de red</u>			
$x7=$	0,6	10	6
$x8=$	0,7821	15	11,7315
$x9$	0	5257,15	0
$x10=$	0,822	19820,15	16292,1633
$x11=$	0,2476441	10	2,47644105
<u>Reconexión del servicio por falta de pago</u>			
$x12=$	0,28008548	24	6,7220516
$x13=$	0,94520651	97	91,6850313
$x14=$	0,70021371	95	66,5203022
$x15=$	0	10515,60	0
$x16=$	0,776001	58330,82	45264,7747

4.4 ANALISIS DE RESULTADOS

Los cuatro escenarios de inversiones planteados, presentan resultados que requieren un correspondiente análisis, con el objetivo de determinar qué plan de inversiones es el más adecuado para el año 2013 y compararlo con el plan óptimo de inversiones del año 2009, con la finalidad de obtener resultados referenciales, que sirvan para el despliegue futuro de las inversiones, que deberá realizar las distribuidoras, considerando que se deberán optimizar los procesos para poder cumplir con los tiempos, y porcentaje obtenidos.

Primeramente se presenta la siguiente tabla que resumen los resultados más relevantes para el análisis y comparación, previamente, los valores en por unidad ya se han convertido en valores reales al multiplicar por sus respectivas bases, estos son:

Tabla 4.26: Resumen de resultados de los escenarios de inversión

Escenario	Calidad [%]	Inversión Total [USD]	Multa Total [USD]
1 ^{er}	97,508 %	157.452,08	1958,58
2 ^{do}	95,429 %	243.665,77	290,13
3 ^{ro}	97,508 %	157.452,08	1958,58
4 ^{to}	98,674 %	190.832,56	1958,57
Plan Optimo de inversiones (2009)	96,640 %	120742,303	1958,57
Máxima calidad (2009)	96,213 %	282479,484	0

Esta tabla resumen de las simulaciones realizadas con los diferentes escenarios, tiene información de cada uno de ellos y se incluyó los resultados de la maximización de la calidad, sin importar los montos a invertir, obtenida en el punto 3.4 que representa a la maximización de la función objetivo, resulta más fácil poder determinar el mejor escenario entre los posibles considerados.

Se tiene para todos los escenarios, una calidad del servicio comercial muy buena, las diferencias consisten básicamente en los montos de las inversiones, si bien es cierto, se tienen también penalizaciones, sin embargo están establecidas en forma fija, es decir tienen valores a penalizar sin importar el grado de incumplimiento, ejemplo; es igual la penalización si el indicador de conexión de servicios sin modificación de red, si se excede muy poco o grandemente del valor límite, el valor establecido de multa es fijo, da lo mismo demorarse cinco días en realizar la instalación que diez o más días, el monto que resultase penalizado la distribuidora es el mismo, no incentivando a la eficiencia de los procesos.

Esta consideración se aplica de igual forma a los otros indicadores, multas fijas, esto hace que se la simulación tenga valores inferiores a la multa mínima que se puede aplicar, y podría considerarse el valor de multa mínimo establecido, o ninguna multa, en función de que tan cerca este de cero o del valor mínimo de multa, esta consideración se debe tener presente a la hora de analizar los valores de las multas obtenidas en la maximización en los diferentes escenarios, pues el análisis de la maximización se realizó, considerando que la multa sea proporcional al grado de incumplimiento, de esta forma es un poco más justa para las empresas distribuidoras que se esmeran en cumplir con los

indicadores o que sus indicadores son mejores en comparación con otras empresas.

De este análisis, la aplicación de las multas a las distribuidoras establecidas en el contrato de concesión, no considera las gestiones emprendidas para la mejora de los indicadores por parte de las distribuidora, no incentiva a la mejora continua, cuando estos indicadores están fuera de los límites, por lo que es un punto de partida en donde se puede sugerir o proponer, al ente Regulador Ecuatoriano CONELEC, analice la aplicación de un esquema de multas más apropiado y acorde a la realidad de las distribuidora, podría ser un esquema escalar de aplicación de multas entre rangos de los índices o lineal en función del grado porcentual de incumplimiento del indicador, el ente regulador deberá analizar el esquema a aplicar.

4.5 DETERMINACIÓN DEL PLAN ÓPTIMO DE INVERSIONES 2013

El escenario recomendable es el que resultó del plan óptimo, en donde se consideró el punto de equilibrio entre las inversiones y penalizaciones, de esta manera la simulación encontrada, proyecta la menor inversión que los otros escenarios, frente a una calidad muy parecida, este resultado tiene la diversificación de las inversiones el cual procura realizarlas acorde a las necesidades más particulares de los indicadores.

El análisis de los resultados de la simulación con respecto a cada índice se indica a continuación, para facilidad del análisis solo se considera el óptimo, y se desagregara los resultados obtenidos de cada indicador, a continuación este análisis:

Tabla 4.27: Resultados de la solución de la función objetivo – Plan óptimo de inversión–

Variable	Valor en p.u.	Valor base	Valor real
$y_t =$	3,86560341	25	96,6400852
<u>Conexión del servicio sin modificación de red</u>			
$x1=$	0,02799653	4	0,11198611
$x2=$	0,03202803	7	0,22419621
$x3=$	0,52329 6	98	51,2833604
$x4=$	1,020001	98	99,960098
$x5=$	0,18625387	10515,60	1958,57118
$x6=$	0,68	86782,06	5918 ,3649
<u>Conexión del servicio con modificación de red</u>			
$x7=$	0,6	10	6
$x8=$	0,7821	15	11,7315
$x9=$	0	5257,15	0
$x10=$	0,822	19820,15	16292,1633
<u>Reconexión del servicio por falta de pago</u>			
$x11=$	0,2476441	10	2,47644105
$x12=$	0,28008548	24	6,7220516
$x13=$	0,94520651	97	91,6850313
$x14=$	0,70021371	95	66,5203022
$x15=$	0	10515,60	0
$x16=$	0,776001	58330,82	45264,7747

En cuanto a los datos obtenidos, de acuerdo a cada indicador, como se muestra en la tabla anterior, la información obtenida para cada indicador se interpreta de la siguiente manera:

Para la conexión de servicio eléctrico sin modificación, se tiene las variables de $x1$ a $x6$, se puede observar que las variables $x1$ y $x2$, establecen tiempos muy cortos para la instalación del servicio, si bien es cierto se deben terminar las instalaciones de $x1$ en mucho menor tiempo que $x2$, sin embargo para ambas variables los tiempos son bajos, es decir en promedio de horas que demore la ejecución de las instalaciones del servicio, tiempo máximo no superior a 5,28 horas. Este tiempo tan bajo, considera que las instalaciones hasta en el área rural, se deberán realizar dentro de este plazo, sin embargo como se indicó en una sección anterior el volumen predominante de estas instalaciones es en el área urbana, de todos manera el tiempo muy bajo que se

dispone para realizar las instalaciones, amerita realizar modificación a los procesos actuales.

En cuanto a los resultados obtenidos en las variables x_3 y x_4 , en donde se mide el porcentaje de cumplimiento dentro de los tiempo indicados en las variables x_1 y x_2 , se ve que no necesariamente, se deba cumplir con el porcentaje establecido como límite, en especial en el área urbana x_3 , se puede complementar el análisis realizado en el párrafo anterior, indicando que si bien los tiempos a cumplir en la conexión son exigentes para los dos área urbana y rural, no necesariamente se debe también cumplir con los porcentajes establecidos, en el área urbana, se deberá cumplir aproximadamente en el 51,28 % de solicitudes, dentro de las siguientes 2,68 horas posteriores al pago, el cumplimiento en estos porcentajes para maximizar la calidad, se debe al hecho de que las conexiones de servicios en el área urbana, son mucho mayores que la rural, por tal razón es suficiente cumplir con los tiempos de conexión en este porcentaje, sin embargo en el área rural, por ser en cantidad mucho menor de solicitudes a ejecutar, el cumplimiento del tiempo deberá ser del 99,96%.

El realizar las instalaciones en estos tiempos y porcentajes recomendados en la maximización en el caso óptimo, establece una penalización, claro está por el incumplimiento de la variable x_3 de \$1958, frente a \$ 59185,36 de inversión que se deberá realizar en este indicador. Entonces se dispone de un presupuesto de uso mensual, que los administradores deben manejar para la ejecución de los tiempos y porcentajes de cumplimiento, para ello se deberán plantear las estrategias y modificaciones de los procesos que actualmente se llevan, para poder cumplir con los tiempos de instalación y los porcentajes, pensando posiblemente en la automatización de la gestión administrativa de la recepción, despacho de las solicitudes de servicio a instalar a los grupos operativos o contratistas que ejecutan las instalaciones (automatización informática de procesos online), u otras estrategias que alcancen los resultados.

En cuanto se refiere a la segunda parte de los resultados obtenidos, referentes al indicador de la conexión del servicio eléctrico con modificación de red, se

aprecia los resultados en las variables de $x7$ a $x10$, las dos primeras variables $x7$ y $x8$, mide el tiempo en la cual se deben de realizar estas conexiones, en las diferentes áreas de aplicación, no existe porcentaje de cumplimiento como en el indicador anterior, y se debe porque el volumen de estas instalaciones son muy inferiores a aquellas que se realizan sin modificación de red, para este caso es necesario cumplir en este indicador en las dos áreas de aplicación, es decir conexión de servicio eléctrico con modificación en el área urbana y rural, de acuerdo a los tiempos encontrados, es decir que para el área urbana no deberá ser mayor a 6 días y para el área rural no mayor a 11,73 días. Como se puede observar a diferencia del indicador anterior no se permite penalizaciones en este indicador, y se debe a la consideración que se expuso anteriormente, el volumen de este tipo de instalaciones es bajo y representa un porcentaje de aporte a la calidad global en igualdad proporción que el indicador anterior, por lo que la respuesta encontrada obliga a no penalizar en este indicador, para ello se tiene como presupuesto mensual de este indicador, de alrededor de \$ 16292,16. Se dice que no se puede penalizar en este indicador, a diferencia del anterior indicador, en donde no hay que realizar modificaciones o construcciones de extensiones de red, ya que son pocas las instalaciones que se deben ejecutar, existe más posibilidad de cumplimiento en este indicador que el anterior.

En cuanto se refiere al indicador de reconexión de servicio por falta de pago, los resultados de las variables desde $x11$ a $x16$, permite interpretar lo siguiente.

Las variables $x11$ y $x12$, miden el tiempo en horas, que se debe realizar la reconexión, en el área urbana y rural, no deben ser superiores a 2,47 y 6,72 horas respectivamente, es decir que se debe procurar realizar las reconexiones del servicio dentro de tiempo no mayor a 6,72 horas, se debe considerar entonces que la primera prioridad es las reconexiones que se deban realizar en el área urbana, por el menor tiempo disponible para ejecutar los trabajos. De igual manera las variables $x13$ y $x14$, miden el porcentaje de cumplimiento de los tiempos de las variables ya mencionadas, como se puede observar, el porcentaje de cumplimiento para la no penalización debe ser del 91,68% en el área urbana, y del 66,52% en el área rural, valores menores a los indicados se

penalizaría, si bien es cierto, en el resultado no se tiene penalizaciones a pesar de que no cumple los porcentajes, como se ve la variable x_{15} es cero, no penalizaciones, pero los límites de los indicadores son superiores a estos porcentajes, se debe tener en cuenta que es necesario reajustar los límites para la penalización para este caso, consideración que puede ser acogida por el Regulador, para analizar si los límites establecidos son los adecuados.

Este resultado está enfocado a que se disponga de un procedimiento de gestionar la cartera vencida, en donde se disponga al mismo tiempo de cortes y reconexiones bajo un criterio temporal de la deuda (meses de deuda) y no sectorizado, es por esta razón que se tiene la posibilidad de reconexiones, del sector urbano, como el rural al mismo tiempo. En el caso de que se decida que este proceso sea sectorizado, es decir, se realicen las suspensiones en función del tiempo y por sectores, es probable que no se disponga de reconexiones simultáneas de estas dos áreas de aplicación, sino solo se tengan reconexiones en el área urbana o solo en la rural, de ser este el caso se deberá considerar una nueva evaluación de la maximización o considerar restricciones adicionales en donde se refleje esta opción.

Estas definiciones así como el análisis de los resultados permiten a la administración de las distribuidoras, a encaminar sus esfuerzos en la mejora continua en los procesos, para optimizar sus recursos en las inversiones, de hecho esta investigación constituye una buena herramienta, no solo desde el lado de las distribuidoras, sino involucra, el regulador en donde podrá considerar los límites establecidos en las regulaciones con el afán de ratificar o cambiar la forma como se mide la gestión de las distribuidoras.

Claro está que los resultados obtenidos en esta investigación, son metas difíciles de alcanzar, con los procesos actualmente establecidos, estos resultados obligan a los administradores de los procesos, a presentar alternativas en búsqueda de mejora y optimización de los recursos, estableciendo políticas administrativas en donde sea un compromiso de los administradores de los procesos analizar constantemente, las oportunidades de mejora existentes y no solamente a la calidad del servicio comercial que se escogió como ejemplo, sino en todo ámbito de la distribución.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ENFOQUE

En este capítulo final se indican las conclusiones sobre el análisis realizado de la información que se estudio con respecto a los resultados obtenidos como solución del problema. Se trata temas como: la aplicación del método, valoración de la información, porcentaje de cumplimiento de los límites de la regulación, costos de las penalizaciones e inversiones entre otros.

Por otra parte, se analiza el plan óptimo de inversiones para el año 2013 y futuras inversiones tecnológicas y se plantean varias recomendaciones de aplicación del método para obtener mejores resultados, estas recomendaciones se extienden incluso para otros actores del sector eléctrico que pudieran optar por esta metodología para el análisis de inversiones, entre ellos el más importante, al Ente Regulador, a quien se sugiere analizar la metodología actual de penalizaciones y límites en los indicadores de la Calidad del Servicio Comercial de la Regulación 004/01.

Se establecen consejos sobre las futuras inversiones para mejorar la calidad del servicio comercial referido a los escenarios de inversión planteados, así como líneas de investigación que se puede complementar con este estudio o que requieren profundizar en temas relacionados.

5.1 CONCLUSIONES

Para finalizar el presente trabajo a continuación se citan varias conclusiones que se han elaborado en base a la investigación realizada, estas son:

- ✓ Se debe tener presente que las penalizaciones establecidas por el Regulador, muy pronto serán una realidad, cuando se pase de la sub etapa 1 a la sub etapa 2, en este caso si las empresa distribuidora no cumplen con los estándares de calidad, establecidos por el regulador, serán penalizadas con montos económicos, por lo que es necesario tomar acciones necesarias para evitar o reducir las penalizaciones a las que se encuentran sujetas.
- ✓ El costo de servicio eléctrico es muy importante como un servicio complementario, ya que permite brindar un mejor servicio al cliente en lo que respecta a la calidad comercial, técnico y calidad del producto, estas consideraciones son cada vez más representativos y toman fuerza día a día en las administraciones de las Distribuidoras para beneficio y satisfacción de sus clientes.
- ✓ La información del año 2009, con la cual se realizó el análisis de esta metodología, para determinar la formulación que relaciona la calidad con la variables de los indicadores multas e inversiones, es aplicable para la obtención de resultados de años posteriores como se determinó en la validación de la propuesta, se consideró este año en vista de que los indicadores tiene mayor variabilidad que los años 2010 y 2011 y el análisis considera más variabilidad de eventos que los años posteriores, en vista de que la CENTROSUR ha ido mejorando los indicadores en el transcurso del tiempo.
- ✓ Las variables que miden la calidad de servicio comercial, u otros servicios como el técnico y calidad del producto, índices e inversiones, que se utilizan para determinar el costo óptimo, deben ser seleccionadas por los administradores del proceso los cuales garanticen que son resultados de la gestión realizada. Así como se debe realizar un estudio

minucioso de las inversiones, para que la metodología pueda ser aplicada y refleje datos reales.

- ✓ El análisis multivariable a través del método de “regresión lineal múltiple”, así como el de “Pareto” son perfectamente aplicables, para la metodología planteada, constituyen herramientas fundamentales para simplificar el análisis de la calidad (cantidad de índices de la regulación considerados en esta investigación), así como para determinar la relación lineal entre las variables de los indicadores, multas, inversiones, y demás aspectos, mediante la formulación matemática que representa la calidad frente a estas variables.
- ✓ La aplicación empleada para obtener la maximización, se lo realizó mediante la programación lineal, método acorde a la formulación encontrada que representa la calidad “regresión lineal múltiple”, fue obtenido mediante la aplicación SOLVER y responde adecuadamente en función de las restricciones establecidas, estas restricciones reflejan claramente lo que sucede en la ejecución de los procesos comerciales, de esta manera se obtuvieron resultados reales a ser considerados para su aplicación.
- ✓ Se ha determinado un plan óptimo de inversiones, el cual indica un punto de equilibrio entre las multas e inversiones, es decir que no necesariamente lo óptimo es eliminar las multas, ya que para este cometido se requieren altas inversiones, de esta manera la optimización planteada explica un correcto balance económico entre las multas, inversiones para obtener la máxima calidad posible.
- ✓ Se ha obtenido el objetivo planteado inicialmente *Que, la Distribuidora obtenga la mayor calidad en la prestación del servicio comercial frente a las inversiones realizadas en las distintas áreas al tiempo de disminuir las multas planteadas por la regulación*, a través de la maximización de la calidad, en donde se involucra las variables que representan a los indicadores considerados, este objetivo se consiguió mediante el análisis del plan óptimo de inversiones, esto quiere decir que se está optimizando los recursos al no invertir demasiado dinero para el cumplimiento de los límites, ya que existe un punto en donde se hace

innecesario seguir invirtiendo grandes cantidades de dinero, porque la calidad de servicio comercial mejora mínimamente.

- ✓ El sistema actual de penalizaciones establecidas en los contratos de concesión, no considera incumplimientos proporcionales al resultado de los indicadores, considera multas fijas establecidas por el incumplimiento, este mecanismo no hace eficiente a los procesos de las Distribuidoras, dada la situación actual es conveniente penalizar en ciertos ítems ya que las multas por estas penalizaciones son muy débiles en comparación de las fuertes inversiones económicas que se necesita realizar para mejorar los indicadores que no se cumplen.
- ✓ Las inversiones a realizar de acuerdo al plan optimo de inversiones encontrado, permite gestionar los recursos necesarios para la inversión adecuada en los procesos para los cuales se establecieron límites en las variables que se miden a través de los indicadores analizados, claro está que estas inversiones deben ser acompañadas con propuesta de mejora en los procesos comerciales acorde a los resultados obtenidos, producto del plan óptimo de inversiones en donde se establecen las metas a alcanzar.

Se ha desarrollado una herramienta importante que es útil en el sector eléctrico, especialmente, en el área de la distribución eléctrica en conjunto con el Regulador, en donde se mide la calidad del servicio de la distribución, mediante la cual se ha dado a conocer de algunos aspectos no considerados en los contratos de concesión (multas y límites de los indicadores), los cuales deben ser reevaluados en función de las situaciones reales de las empresas de Distribución, basados en los indicadores obtenidos y las mejores prácticas de las Distribuidoras Elite en el Ecuador, de esta forma se dispondrá a partir de una realidad nacional los límites y multas adecuadas a ser aplicadas y no replicar modelos de otros países o regiones.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Analizar mediante la metodología planteada el estado de situación actual con todos los indicadores que mide la regulación de calidad de servicio de la distribución eléctrica, es decir la calidad del servicio comercial, técnico y calidad del producto, para ver el impacto global que tendrá la Distribuidora CENTROSUR y las demás distribuidora del Sector Eléctrico Ecuatoriano, para tomar correctivos en la mejora continua para alcanzar los indicadores.
- ✓ Establecer mecanismo adecuados en la obtención de los indicadores, basados en el historial de los registros, estos deben reflejar el proceso de los servicios de comercialización así como en los otros indicadores que miden la calidad, para así obtener resultados lo más acercados a la realidad, en caso de que se pueda establecer un mecanismo de promediar indicadores de varios años y establecer mecanismos para la eliminación de valores atípicos, se deberá considerar esta práctica para la aplicación de la metodología planteada en esta investigación, con lo cual se puede disminuir los errores en los cálculos. Adicionalmente no se recomienda aplicar este método si los indicadores no reflejan adecuadamente las actividades de los procesos de las distribuidora, ya que se pueden obtener resultados que dificulten la mejora de los procesos, primeramente se deben tener indicadores reales.
- ✓ Se puede establecer otro método de representación matemática de la calidad con respecto a las variables, de acuerdo a los diversos aplicaciones que el análisis multivariable establece, sin embargo hay que considerar que el método debe ser coherente con la maximización a realizar, es decir que las variables que se obtengan concuerden con el método adecuado para realizar la optimización mediante la investigación de operaciones, como el realizado en esta investigación, se seleccionó el método de regresión lineal múltiple y el método a emplear es el de programación lineal.

- ✓ Determinar mediante el punto de equilibrio el punto óptimo entre inversiones y multas con respecto a la calidad, en este caso se optó por trabajar en valores en por unidad para poder determinar este punto, en vista de que la diferencia entre las multas e inversiones son desproporcionadas, el trabajar mediante esta modalidad ayuda a la determinación de los valores óptimos.
- ✓ Informar al Ente Regulación la revisión del mecanismo de penalizaciones, se propone no ser fijo, sino depender del porcentaje de cumplimiento con respecto de las metas, de esta forma, las multas serán representativas y se incentivará a los administradores de los procesos, en mejorar, para que las multas cada vez disminuyan en función de las metas alcanzadas, de esta forma se incentiva a las empresas eficientes, caso contrario no importaría el grado de cumplimiento, pues da igual en el estado actual que si se incumple en un índice poco o grandemente, la multa aplicada será la misma, adicionalmente el monto a penalizar es bajo con respecto a las inversiones que se realizan, por lo que se propone la revisión de las penalizaciones utilizando esta metodología.

Analizar de acuerdo a un estudio nacional, la consideración de los límites establecidos en la regulación 004/001, aplicando la metodología propuesta y determinar los valores límites a cumplir en cada indicador, en función de una realidad nacional.

5.3 LINEAS DE INVESTIGACION

El presente trabajo de investigación establece algunas pautas en las que se puede profundizar la investigación, las cuales citaremos:

- ❖ Análisis de límites de la regulación de calidad entorno a la realidad nacional.
- ❖ Establecimiento de multas y compensaciones a los Distribuidores para establecer en los contratos de concesión de acuerdo al cumplimiento de los indicadores.
- ❖ Planificación y presupuestación a mediano plazo de la calidad de la distribución eléctrica.
- ❖ Planes de contingencia para la mejora de la calidad en las Distribuidoras, propuesta, soluciones técnicas y comerciales.
- ❖ Análisis de regulaciones necesarias o complementarias para la regulación de calidad, se debe analizar nuevamente la regulación de calidad del servicio de la distribución, de acuerdo a la realidad nacional.

Estudio de los impactos de las Smart Grid, en la mejora de la calidad del servicio de la distribución eléctrica

BIBLIOGRAFIA

- [1] **Concejo Nacional de Electricidad** Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. // Contrato de Concesión . - Cuenca - Ecuador : [s.n.], 1999.
- [2] **CONELEC** Regulación N° CONELEC - 004/01 sobre la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución [Informe]. - Quito-Ecuador : [s.n.], 2001.
- [3] **Departamento de Servicio al Cliente** - Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A.. - Cuenca - Ecuador : [s.n.], 2010.
- [4] **Departamento de Gestión de Cartera** Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A.. - Cuenca - Ecuador : [s.n.], 2010.
- [5] **Departamento de Lectura y Facturación** Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A.. - Cuenca - Ecuador : [s.n.], 2010.
- [6] **Dirección de Comercialización** Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A.. - Cuenca - Ecuador : [s.n.], 2011.
- [7] **FERC** Federal Energy Regulatory Commission [En línea] // Assessment of Demand Response & Advanced Metering. - Mayo de 2011. - <http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/demand-response.pdf>.
- [8] **H. Congreso Nacional** Ley de mercado de valores, codificación // Registro Oficial No 215. - Quito - Ecuador : [s.n.], 2006.
- [9] Introducción a la Investigación de Operaciones [Sección de libro] / aut. libro HILLIER FREDERICK S. y LIBERMAN GERALD J.. - Mexico : McGRAY HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2006. - Vol. Octava Edición.
- [10] **Investigación de Operaciones** Historia de la Investigación de Operaciones [En línea]. - Junio de 2011 http://www.investigaciondeoperaciones.net/historia_de_la_investigacion_de_operaciones.html
- [11] **Marqués Eduardo Jiménez** INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS MULTIVARIABLE [En línea]. - 2004. - Enero de 2011. - <http://es.scribd.com/doc/61268649/Analisis-multivariable>.
- [12] **Wikipedia La Enciclopedia Libre** Investigación de operaciones [En línea]. - Junio de 2011. - http://es.wikipedia.org/wiki/Investigaci%C3%B3n_de_operaciones.
- [13] **Wikipedia** Principio de Pareto [En línea]. - Julio de 2012. - http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pareto.



[14]Tesis Ing Marco Coronel, tema: *“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI) EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.”* Cuenca Junio de 2011